Friedrich Ratzel,

Die Erde und das Leben

1 f.–

Die Erde und das Leben.

Zweiter Band.

Die

Erde und das Leben.

Eine vergleichende Erdkunde

von

Prof. Dr. Friedrich Ratzel.

Zweiter Band.

Mit 223 Abbildungen und Karten im Text, 12 Kartenbeilagen und 23 Tafeln in Farbendruck, Holzschnitt und Ätzung.

Leipzig und Wien.
Bibliographisches Institut.
1902.

Inhalts-Verzeichnis.

I. Die Wasserhülle der Erde.

II. Die Lufthülle der Erde.

III. Das Leben der Erde.

Verzeichnis der Abbildungen.

Kartenbeilagen.

Farbige Tafeln.

Schwarze Tafeln.

Abbildungen im Text.

Die Erde und das Leben.

Zweiter Band.

Einleitung: Die organische Auffassung des Erdganzen.

Inhalt: Die Erde als Ganzes. — Geosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre. — Das Wandern der Meere. — Übergangsformen von fest und flüssig: Schutt. — Die Übergänge zwischen fest und flüssig durch Änderung des Aggregatzustandes. — Aggregatzustände und Energieformen. — Die Wasserformen.

Die Erde als Ganzes.

Wir halten es nicht mit jenen geographischen Lehrbüchern, die von der ganzen Erde nur die 510 Mill. qkm der Oberfläche, die 12,730 km des mittleren Durchmessers, die 40,070 km des Umfanges am Äquator melden, um dann sofort zur Einteilung ihrer Oberfläche in Länder und Meere zu schreiten. In dieser eiligen Abwendung vom Ganzen liegt eine ungeographische Schwäche der Auffassung, der wir uns nicht hingeben dürfen. Das erste muß die Betrachtung des Ganzen sein, weit danach erst kommt die Sonderung in Teile, denn von der Auffassung des Ganzen ist die Schätzung der Teile abhängig. Am allermeisten gilt das vom Wasser und von der Luft. Nach ihrer ganzen Natur müssen sie der Zerteilung widerstehen. Die Luft ist für jeden Blick und jede Erfahrung ein Ganzes. Aber das Wasser der Erde ist nicht weniger ein in sich Geschlossenes, wenn auch Vielzerteiltes, wie mannigfach verschieden auch seine Erscheinungen von den schwebenden Eisnadeln einer Cirruswolke an bis zu dem in der Erde breit und tief wurzelnden Meer sein mögen. So wie der scheinbar starre und vielzerteilte Boden der Erde der Unterscheidung von Landschaften, Inseln, Erdteilen entgegenkommt, die der einheitlichen Erdauffassung Schwierigkeiten bereitet, so begünstigen die Luft und das Wasser die Auffassung der Erde als eines zusammengehörigen Ganzen, einer wechselwirkenden Einheit. Ja noch mehr, sie verbinden die Teile des Festen und verwischen sogar manche ihrer Unterschiede. Ob flüssig oder starr auftretend, immer behält das Wasser die Neigung, Lücken auszufüllen, sei es durch sich selbst, als Wasser, Schnee, Firn, plastisches Gletschereis, oder sei es durch die Herbeiführung und Ablagerung von Schutt groben und feinen Kornes. Dazu kommt, daß man, soweit die Hydrosphäre reicht, die Tendenz zum Ausfüllen, Ausheilen der Risse und Klüfte in der Erdrinde beobachtet, eine Neigung, welche unterstützt wird von dem beweglichen, lösenden und neu wieder ausscheidenden Flüssigen. Sind doch Quarz- und Kalkspatadern und Erzgänge ebenfalls Erzeugnisse des Wassers. Die großartigste, wenn auch wenigst sichtbare Thätigkeit dieser Art entfaltet aber das Wasser im Meer, wohin von allen Festländern und Inseln Schlamm und Staub hinabgespült und hinabgeweht wird. In manchen Beziehungen verdiente es daher, der Kitt und Mörtel des Erdenbaues genannt zu werden.

Wasser- und Lufthülle sind von dem Festen der Erde nirgends genau zu scheiden. Es ist zu bedauern, daß wir im Deutschen keinen kurzen Ausdruck für Erd-, Wasser- und Luftkugel

haben, etwa Erdwasserkugel, entsprechend dem Worte Globus terraqueus, Globe terraquée, das Buache anzuwenden liebte. Das Wort Erdkugel läßt das Feste zu stark hervortreten. Jedenfalls wollen wir uns vor einer Auffassung der Erde hüten, die das Flüssige und Luftförmige nicht deutlich mit einschließt, sondern das Feste bevorzugt und daneben nur bestimmte Formen und Wirkungen des Flüssigen, wie Meer, Flüsse, Gletscher, und bestimmte Erscheinungen des Luftkreises, wie Wärme, Niederschläge, Winde, kennt. Eine der reichsten Quellen von Irrtümern über die Natur der Erde floß in dem Übersehen der Einheit ihrer Wasserhülle. Neben oder vielmehr über der Geosphäre, der in unbekannte Tiefen sich fortsetzenden festen und plastischen Erdrinde, sei also der Hydrosphäre, oder Wasserhülle, und Atmosphäre, oder Lufthülle, unverkürzt ihre naturgemäße Stelle eingeräumt. Und ebenso ist die Lehre vom Luftkreis erst gesund und fruchtbar geworden, als sie dem Wahn entsagte, das Klima eines Ortes aus seinen lokal eng begrenzten geographischen Verhältnissen verstehen zu wollen, und sich mit der höheren Auffassung durchtränkte, daß „in dem bewegten Treiben der Atmosphäre keine Stelle sich isolieren kann, jede bedingend auf die benachbarten und diese wieder zurück auf jene wirkt“. (Dove.)

Diese Auffassung der Erde, die das Feste, Flüssige und Luftförmige, sowie alles Leben, das aus ihnen und in ihnen erblüht, als ein durch Geschichte und ununterbrochene Wechselwirkung zusammengehöriges Ganze betrachtet, stellen wir als organische Erdauffassung derjenigen gegenüber, die diese Teile des Erdballes wie zufällig zusammengekommene auseinanderlöst und den einen ohne den anderen verstehen zu können meint. Es wäre vielleicht der Ausdruck hologäische Erdauffassung zweifelfreier; aber wir sind der Einführung neugebildeter Fremdwörter abgeneigt.

Geosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre.

Die Pythagoreer, die zuerst die Kugelgestalt der Erde lehrten, nahmen an, daß das ganze Weltall in harmonisch geordneten Kreisen um den Herd des Zentralfeuers, um die Sonne, geordnet sei. Einer solchen Auffassung lag es nahe, die Erde selbst wieder aus Sphären zusammengesetzt zu denken, die um den Erdmittelpunkt konzentrisch liegen. Der Begriff und Name Atmosphäre ist ein Rest dieses Systems. Auch in den Lehrbüchern der Geographie und Geologie von heute begegnen wir der Reihe Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre. Was ist die „Erdoberfläche“ des Geographen? fragt Richthofen, und antwortet: einmal die mathematische Begrenzungsfläche der festen Erdrinde, der Lithosphäre; dann dieselbe, durch Hinzuziehung der Hydrosphäre ergänzt; endlich die Gesamtheit beider, umgeben von der Atmosphäre, an deren praktisch unerreichbare Außengrenze wir nur mit Spekulationen hinreichen. Und, fügen wir hinzu, nur diese letztere, das Ganze der Erde umfassende, ist die wahre Erdoberfläche des Geographen. Die Geologen bereichern sie sogar durch eine Pyrosphäre, d. h. das feurig-flüssige Erdinnere, und manche fügen zwischen Wasser und Luft eine Biosphäre ein. Ein harmonisches System im pythagoreischen Sinn, das schön ist, weil es einfach ist, und gut, weil es schön ist, dürfen wir allerdings darin nicht mehr erblicken. Das will es auch nicht sein, es ist aber eine große Auffassung, die zahllose Unebenheiten ausgleicht, um die großen Grundzüge der Anordnung der Elemente des Erdbaues so klar hervortreten zu lassen, wie sie uns allerdings im Fernblick von einer weit entlegenen Stelle des geistigen Horizontes erscheinen können.

Denn aus der Nähe gesehen, haben Wasser und Luft Millionen von Wurzeln in den festen Kern getrieben, durch die sie nicht nur immer von neuem in seine Lücken eindringen und auf das innigste mit ihm zusammenhängen, sondern ununterbrochen Teile von ihm bewegen und

MONSUNWOLKEN AN DER KÜSTE VON BANKA.

umgestalten. Sie liegen nicht als lockere Zufügungen auf der Erde; wären unsere Meßwerkzeuge fein genug, so würden wir finden, daß die Bewegungen des Wassers und der Luft sogar die Bewegung der Erde um sich selbst beeinflussen. Nur als Ergebnis dieses Zusammenwirkens von Erde, Wasser und Luft ist also die Erde zu verstehen. Der Mitwirkung des Lebens, das aus allen dreien geboren und unzertrennlich mit ihnen verbunden ist, wollen wir nicht vergessen, doch für jetzt nur die unorganischen Teile des Erdkörpers ins Auge fassen. Ihr Aufeinander- und Durcheinanderwirken ist hauptsächlich Gegenstand geographischer Betrachtung, denn es läßt fast alle jene Erscheinungen entstehen, welche als „geographische" bezeichnet werden. Der bekannte, zum Überfluß oft wiederholte Ausdruck „Wechselwirkung der tellurischen Kräfte" führt uns, wenn wir ihn denkend zu durchdringen suchen, ganz von selbst auf die Beziehungen dieser konzentrischen Sphären unseres Planeten.

Wie sehr sie auch ineinandergreifen und durch Mischungen sogar sich aufs innigste durchdringen, so daß wir in jedem Wassertropfen einige feste Bestandteile und in jedem Teilchen Luft etwas Wasserdampf finden, sie bleiben immer die Vertreter weit verschiedener spezifischer Gewichte und dreier entlegener Aggregatzustände. Das gleiche Raumteilchen Gestein aus unserer Erdrinde wiegt durchschnittlich 2,5mal mehr als das gleiche Raumteilchen Wasser, und dieses wieder wiegt 769mal mehr als das gleiche Raumteilchen Luft. Im allgemeinen folgen sie aufeinander entsprechend ihrem spezifischen Gewicht: zu innerst das Feste der Erde, auf dessen Oberfläche das Flüssige und, dieses alles umhüllend, die Luft, das Gasförmige. Diese Schichtung nach dem Gewichte läßt sich noch weiter nach dem Innern des Erdballes hin verfolgen, wo viel schwerere Massen liegen als an der Oberfläche, weswegen wir auch dem Ausdruck Barysphäre (von *βαρύς*, schwer) begegnen, der aber im Grunde unnötig ist. Es ist also die Erde mit ihrer Wasser- und Lufthülle ein System konzentrischer Hohlkörper, fast Hohlkugeln, die mit abnehmender Dichte aufeinanderfolgen. Ihre verschiedenen Aggregatzustände sind dabei von großer Wichtigkeit, aber nicht entscheidend, Felsgestein kann ebensogut flüssig als Lava auftreten, wie Wasser fest als Inlandeis und gasförmig als Dampf. Gerade diese Verwandlungen des Festen in Flüssiges, des Flüssigen in Luftförmiges werden wir als eine der stärksten Triebkräfte in den tellurischen Vorgängen kennen lernen.

Es wäre weit gefehlt, in dieser Auffassung des Wassers und der Luft als Hüllen der Erde nur Bilder zu suchen. Wasser und Luft umgeben das Feste der Erde als wirkliche Hüllen von greifbarem mechanischen Effekt, sie halten vor allem die Erde warm. Ob sie den festen Kern ganz umgeben, und wie dicht sie ihn einhüllen, muß von unmittelbarer Wirkung auf die Abkühlung durch Wärmeausstrahlung sein. Ein ganz von Wasser, dem schlechten Wärmeleiter, bedeckter Erdball verhält sich dem kalten Weltraum gegenüber anders als ein zum Teil trockener. Jedenfalls trennen Wasser und Luft das Erdfeste vom Weltraum. Die Bedeckung der Erde mit festem oder flüssigem Wasser unterbricht zunächst die unmittelbare Wechselwirkung zwischen der Erde und der Atmosphäre und dann den Einfluß aller jener Kräfte, die von außen her auf die Erde wirken, vorzüglich der Sonne. Das Aufhören der organischen Prozesse in einem großen, eisbedeckten Teil der Erde muß selbst die Menge der Kohlensäure in der Atmosphäre beeinflussen. Wie aber dabei Luft und Wasser wieder voneinander abhängen, das zeigt die Wasserhülle, wo sie an den Polen eine kalte Kruste von Firn, Eis und Schnee um die Erde legt, über der die Luft sich bis zu ungemein niedrigen Kältegraden abkühlt und zugleich wasserarm wird, während unter dem Äquator eine warme und dabei wasserreiche Luft über der Erde liegt. Der Gegensatz dieser beiden Zustände führt aber durch die Luftbewegungen, die die beständig neu erzeugten Unterschiede

von warm und kalt ausgleichen, wieder zu gewaltigen Umgestaltungen des Festen hin. Denn diese Luftbewegungen sind Winde, die Staub und Sand von Land zu Land tragen und der Brandung die Kraft zu küstenumbildender Wirkung verleihen.

Von dieser doppelten Flüssigkeitshülle ist das Feste der Erde so wenig zu trennen, daß wir uns auch die einzelnen Teile des Festen von Luft und Wasser umspült zu denken haben. Denn so, wie wir uns den Erdball von Luft und Wasser eingehüllt räumlich vorstellen, so muß uns auch im zeitlichen Sinne die Wirkung der Luft und des Wassers, z. B. auf Berge und Gebirge, ununterbrochen, lückenlos erscheinen. Wie auch die Formen der Erdoberfläche sich ändern mögen, Luft und Wasser bleiben im Wesen die gleichen. Es ist sehr wichtig für das richtige Verständnis der Erdgeschichte, dieses Verhältnis nie aus dem Auge zu verlieren. Denn es gibt Formen, die wir nur verstehen, wenn wir uns um einen Gebirgsstock das Wasser als eine immer zusammenhängende und immer bewegliche Hülle gelegt denken. Das Gebirge mag sich heben oder senken, falten oder zerklüften, das Wasser arbeitet in gleichem Sinn an ihm fort. So durchbricht bewegtes Wasser des Flusses einen Höhenrücken in dem Maße, wie er sich aufwölbt, und es entsteht ein „Durchbruchsthal" (vgl. Bd. I, S. 599). Auch wo Wasser heute nicht mehr ist, bleiben seine Spuren eingeprägt.

Diese Wasserformen verleihen der Oberfläche unseres Planeten eine Eigentümlichkeit der Physiognomie, die nirgends fehlt, wo Land aus der Wasserhülle hervortritt. Einen solchen Berg sehen wir allerdings nicht vor uns. Kein Berg steht gleichsam unter einer Wasserglocke, einer geschlossenen Nappe d'eau, wie die französische Gartenkunst sie liebte. Anderseits ist auch kein Berg nur ein fester Körper, wie man ihn kurzsichtigerweise darzustellen liebt. Gletscher, Firnmulden, Firnflecken, Quellen, Bäche, Seen gehören zu seinem Bestande, er ist ohne sie nicht zu denken. Was wäre der Montblanc ohne seine Firn- und Eisdecken, die seinen Gipfel erhöhen und verbreitern und seine Thäler ausfüllen? Das Felsengerüst verhält sich zu dem firn- und eisbedeckten Berg wie ein Skelett zum Körper aus Fleisch und Blut. Der Boden des Berges ist durchfeuchtet, denn die Niederschläge wachsen mit seiner Höhe, Tau und Reif fallen reichlicher an seinen Flanken. Wir können nicht jedem Tautropfen und jedem Nebelbläschen seine Stelle anweisen, aber wir können uns diese fast täglich sich erneuernden Niederschläge vereinigt und wie einen Schleier über den Berg geworfen denken, der, zu festem Wasser, Schnee und Firn erstarrt, den Berg im Winter thatsächlich, wie heute am Südpol, einhüllt. Wie in den Jahresperioden ist bei den Klimaschwankungen der Jahrtausende und Jahrzehntausende der Berg in den Eiszeiten in Schnee und Eis geradezu vergraben und tritt in den warmen Klimaperioden wie in jahrtausendlangen Sommern aus seinem Grabe wieder hervor (s. die Abbildung, S. 7).

So ist das Feste der Erde eigentlich der Boden zweier Meere: eines Wassermeeres und eines Luftmeeres. Die ganze Erde steht unter der Herrschaft des Wassers und der Luft, die dauernd, aber immer beweglich sie umspülen. Wir selbst wandeln auf dem Boden des Meeres der Luft und der dampfförmigen Teile des Wassers. Die Formen der Erdoberfläche sind nur vorübergehende Erscheinungen auf dem Grunde des Wasser- und Luftmeeres, und alle tragen den Stempel des Umflutetseins. Der Boden der Seen, Flüsse, Sümpfe, der Gletscher, des Inlandeises und dauernder Firnlager sind ebenso wie der eigentliche Meeresboden der ausschließlichen Bedeckung durch Wasser in verschiedenen Formen vorbehalten. Den Höhepunkt der Wirkung solcher Umhüllung zeigt allerdings der Boden des eigentlichen Meeres; aber liegt das, was wir trockenes Land nennen, dem Weltraum offener gegenüber als der Boden eines 6000 m tiefen Meeresbeckens? Und was wir trockenes Land nennen, das trennt ein Luftmeer von gewaltiger Tiefe vom Weltraum, nichts kann zum Boden dieses Meeres gelangen, was nicht den Weg durch die Schichten der Luft zurückgelegt hat. So wie das eigentliche Meer den Schlamm verändert, den ihm die Flüsse zuspülen, so verändert hier das Luftmeer den Meteorstaub, den ein kosmischer Sturm der Erde zuwirbelt: dort Auflösung, hier Verbrennung, in beiden Fällen Aufnahme der fremden Körper in die großen Flüssigkeitshüllen. Zwischen den beiden Meeren waltet aber der große Unterschied, daß das Luftmeer überall in derselben Form,

Die Beaufort-Insel und der Erebus-Vulkan. Nach J. Roß. Vgl. Text, S. 6.

Masse und Beschaffenheit wogt, während das Wassermeer als Dampf, Wasser und Eis, die nach Form und Wirkungen sehr verschieden sind, an der Erde haftet.

Was aber die Beziehungen dieser Meere zum Leben betrifft, so ragen die Hochgebirgsinseln mit ebenso eigentümlichen biogeographischen Merkmalen aus dem tieferen Luftmeer hervor, wie die Meerinseln aus dem Wasser. Und wie Strandlinien in Fels und Schutt, entstehen organische Strandlinien an den Gebirgshängen unter dem Einfluß klimatischer Änderungen.

Das Wandern der Meere.

Da das Wasser in beständiger Bewegung ist, in der es der Anziehung der Erdmassen gehorcht, ist es ebensowohl das Zünglein an der Wage des tellurischen Gleichgewichts als auch ein Mittel und Werkzeug zur Ausgleichung der Schwereunterschiede unseres Planeten. So wie wir die Meere den wechselnden Anziehungen der Sonne und des Mondes in den Gezeiten folgen sehen, mußten sie sich auch wechselnden Anziehungen der Erde selbst anpassen. Man kann nicht voraussetzen, daß die Schwere in der Erde immer so verteilt gewesen sei wie jetzt. Von ihr mußte aber auch immer die Verteilung des Wassers abhängig sein. Wir wünschen den Leser nicht in die unbekannten Tiefen des Erdinnern zu führen, für die wir so wenig eine Leuchte haben wie er, wohl aber möchten wir an die Veränderungen in der Masse der Festländer erinnern, die wir mit Händen greifen, angesichts der Trümmer der alten Gebirge, die einst als mächtige Bauten über die Erde aufstiegen. Man sagt uns, es sei anzunehmen, die Alpen seien um die Hälfte ihrer Masse verringert, und der Zustand des Gesteinsbaues des skandinavischen Hochlandes lasse vermuten, daß von ihm 5000 oder auch 10,000 m hoch Gestein abgetragen sei. Das Wasser folgte solchen Erhebungen in doppeltem Sinn: das Meer, von ihnen angezogen, stand höher an ihrem Fuße, und das aus der Luft niederfallende Wasser kam auf ihren Höhen zur Ruhe und stürzte mit entsprechend rascherem Fall dem Meere zu, arbeitete mit entsprechend größerer Energie seine Wege zu ihrer Abtragung in sie hinein.

Sicherlich blieb indessen ein so großes Gewicht auch nicht ohne Einfluß auf die Gesteine, auf denen es ruhte: es beschwerte sie, sie erlitten unter dem Druck und der aufsteigenden Erdwärme Veränderungen, kurz, das Gebirge sank ein. Dem Meere wurden neue Stätten bereitet, wo vorher Land war, und immer weitere Wege wurden ins Innere des Landes geöffnet (s. die Abbildung, S. 9). Aus Ursachen, die wir nicht erkennen können, machten endlich ganze Festländer, die Stück für Stück abbröckelten und versanken, Meeren Platz. So gibt es kein Land der Erde, das nicht öfters Meer gewesen wäre, und kein Meer, dessen Boden nicht völlig aus Landbruchstücken des verschiedensten Alters bestünde. Nicht mit Unrecht hat man mit Rücksicht auf die wechselnden Unterwassersetzungen, die wiederholt alle Teile der Erde erfuhren, die Geologie eine angewandte Ozeanographie genannt. Von jeder derartigen Veränderung wurden Klima und Leben großer Teile der Erde tief beeinflußt. Es entstanden dadurch Klimawechsel, die man auf den ersten Blick nur durch kosmische Einflüsse erklären zu können meint. Das Leben gewann an Formenreichtum oder verlor, es entstanden neue Gestalten, und alte gingen unter: in den Verschiebungen der Meere und Länder liegt eine der großen Ursachen der Fortdauer und Fortentwickelung der organischen Schöpfung.

Übergangsformen von fest und flüssig: Schutt.

Den festen Erdkern umgeben die flüssigen Hüllen nicht unvermittelt und unverbunden. Indem Luft und Wasser in ihre Bewegung Teile des Festen mitreißen oder in die Lücken zwischen

Das pliocäne Meer.

Das Pliocänmeer, Vorläufer des Mittelmeers. Nach M. Neumayr, „Erdgeschichte". Vgl. Text, S. 8.

diesen Teilen eindringen, entstehen Zwischenformen, die fest und flüssig zugleich sind. Nennen wir sie beweglich. Eine Halde feinen Schuttes, von Firnflecken gekrönt, von Schmelzwasser überrieselt, daß sie vor Feuchtigkeit in der Sonne glänzt, in der Tiefe durch eindringendes Wasser fast bis auf den Grund zersetzt: das ist ein Bild solcher Durchdringung. (Vgl. das Bild „Die Bocca di Brenta", Bd. I, S. 481.) Indem jene Teile des Festen sich aneinander verschieben, können sie eine Beweglichkeit erlangen, die durch das Gewicht der Masse noch wächst: es entstehen Bergstürze, Muhren, Schlammströme, Sand- und Staubdünen. Diese Massen sind in der Regel fest, wo sie trocken und geschützt liegen; dringt aber das Wasser in ihre Zwischenräume, oder erfaßt sie der Wind, so geraten sie in Bewegung, ja ins Fließen. So wandert das Feste mit Hilfe der Luft und des Wassers, die Höhen bewegen sich den Tiefen zu, und die Vertiefungen sind bestimmt, durch die Abtragung der Erhöhungen ausgefüllt zu werden. Der Staub von Vulkanausbrüchen wird über die ganze Erde getragen, und unter den befruchtenden Bestandteilen des Nilschlammes weist man noch die Trümmer vulkanischer Gesteine des Hochlandes von Abessinien nach. Dem Gletscher folgt nach jeder Klippe, die er umfloß, ein Kometenschweif mitgeschleppter Gesteinsbruchstücke, und das Inlandeis setzte uns in die Lage, in Mitteldeutschland alle Felsarten zu sammeln, die von Norwegen bis Finnland vorkommen. Wie wichtig diese Verflüssigung von Teilen des Festen für das Leben unserer Erde ist, das im starren Felsboden zwar Wurzel schlagen, aber keine Nahrung finden kann, möge an dieser Stelle nur angedeutet sein; die Verflüssigung von gewissen Kalk- und Kieselsalzen ist die notwendige Voraussetzung des Lebens.

An der Erdoberfläche haben wir also drei große Gruppen von Erscheinungen: das Feste und das Flüssige und zwischen beiden die stofflich und räumlich den Übergang bildenden Massen, Schutt in weitestem Sinne. Die Geschichte der Erdoberfläche ist wesentlich die Geschichte der wechselnden Verbreitung des Festen und Flüssigen und ihrer Mittelformen. Aber nur das Feste und Flüssige sind vollkommen selbständig, ihre Mittelformen dagegen nach Art, Masse und Verbreitung ganz von jenen abhängig. Und ebenso sind für die erdgeschichtliche Betrachtung die Mittelformen immer abhängig von den festen Gesteinen der Erdoberfläche, aus denen sie entstanden und mit deren Verschiebungen sie gewandert sind. Es werden daher alle Erscheinungen dieser Art nicht als selbständige zu betrachten sein, und man wird jeder einzelnen gegenüber immer die Frage aufwerfen: wie groß ist das Feste, wie groß das Flüssige in ihr? Es ist kein Zweifel, daß man so besser zu einer Einsicht in die wahre Natur, z. B. der Küste, dieser echtesten abhängigen Zwischenerscheinung kommt, als wenn man sie, wie üblich, als etwas Selbständiges auffaßt, wobei die Auffassung ganz von selbst einen abstrakten, unwirklichen Charakter annimmt.

Die Übergänge zwischen fest und flüssig durch Änderung des Aggregatzustandes.

Übergänge zwischen den drei Aggregatzuständen: luftförmig, flüssig, fest, kehren in den größten und kleinsten Zügen der Geschichte der Welt und der Erde wieder. Nehmen wir mit der überwiegenden Zahl der Naturforscher an, daß die Erde sich einst in gasförmigem Zustande befunden habe, so ist der Grundzug der Erdgeschichte die Herausbildung des Festen aus dem Gasförmigen durch die Mittelstufe des Flüssigen. Luft und flüssiges Wasser erscheinen uns dann wie die Reste älterer Zustände. Nicht bloß in einem vorgestellten, nie gesehenen und, wie es scheint, nicht einmal zu beweisenden flüssigen Erdkern hätten wir also Zeugen jenes Urzustandes, sondern in der Luft- und Wasserhülle der Erde selbst. Der heutige Zustand der Erde mit

ihrer großenteils noch flüssigen Wasserhülle und ihrer wasserhaltigen Lufthülle wäre dann folgerichtig nur ein Übergang zu einem ferneren Zustand, in dem bei immer tiefer sinkender Temperatur mindestens alles Wasser der Erde erstarrt wäre. Würde man aber auch diese Annahme zurückweisen, um jener anderen sich zuzuneigen, daß die Erde aus festen Bruchteilen entstanden sei, die, aus dem Weltraume zusammenstürzend, gerade an diesem Punkte sich vereinigten, so bleibt doch in der Zusammensetzung jedes Meteorsteins (s. Bd. I, S. 73 u. f.) die Erinnerung an den flüssigen Zustand erhalten; denn entweder besteht er aus geschmolzenen Metallen oder aus geschmolzenen Gesteinen.

Der Tilisunasee im Rätikon: Firnflecken, See, Bach in Moränenlandschaft. Nach Zschokke. Vgl. Text, S. 12.

Wir brauchen indessen nicht so tief zu gehen, um Beispiele des Überganges von einer Sphäre zur anderen zu erhalten. Wir haben viel näher die Fähigkeit des Wassers, feste Stoffe flüssig zu machen. Die Auflösung fester Stoffe in Wasser wirkt wie die Schmelzung, sie verflüssigt. Der Kreislauf der Stoffe auf der Erde ist grundverschieden, je nachdem sie löslich sind oder nicht. Einmal gelöst, ist jeder feste Stoff flüssig wie Wasser und teilt dessen Beweglichkeit. Die aus Lösung niedergeschlagenen Meeressedimente sind durch Auflösung jeden Augenblick wieder zu verflüssigen, wogegen die Sand- und Schlammablagerungen in Seichtmeeren am Orte liegen bleiben oder nur kurze Wege machen. Lösung ist die Vorbedingung zum Eintritt fester Stoffe in die vielverschlungenen Gewebe der Lebensprozesse, aus deren Adern sie in neuen Verbindungen und Gestalten wieder hervortreten. Alles was lebt, lebt nur, indem es Luft verflüssigt und Flüssiges verfestigt. Der Lebensprozeß bannt Kohlenstoff in die verschiedensten festen Formen; als Graphit, Kohle, Torf, Erdöl, als der kohlensaure Kalk ungeheurer

Kalkstein- und Dolomitlager helfen feste Kohlenstoffverbindungen die Erde aufbauen. Jede Auflösung von Kalkstein oder Dolomit unter Hinzutritt von freier Kohlensäure, wobei doppeltkohlensaure Salze gebildet werden, bedeutet erneute Bindung von Kohlensäure der Luft, während umgekehrt Kalkniederschläge unter Abgabe von Kohlensäure stattfinden. Dabei gehen also Bestandteile der Luft unmittelbar in das Feste über und umgekehrt.

Großartige Verschiebungen an der Grenze der Lithosphäre und Hydrosphäre zeigt uns das feste Wasser. Die Gletscher rücken periodenweise vor, wobei sie nicht bloß in der Länge, sondern in der ganzen Masse wachsen, und dieses Wachstum geschieht auf Kosten des Wasserdampfes in der Luft. Gehen Gletscher zurück, so nimmt das flüssige und dampfförmige Wasser in ihrer näheren und ferneren Umgebung zu. Auch die Flüsse und Seen haben zeitweilig einen höheren Stand, weil sie mehr flüssiges Wasser in Form von Regen und anderen Niederschlägen aufgenommen haben, wodurch für einige Zeit die Luft wasserärmer wird. Wir kennen nun eine Periode, die sogenannte Eiszeit, in der ein großer Teil der Norderdteile und alle Hochgebirge der kalten und gemäßigten Zone in Eis vergraben waren. Selbst die Alpen, die heute nur vereinzelte Gletscher haben, waren damals samt den Voralpen tief vereist, ihre heutige „Lokalvergletscherung" ist nur ein schwacher Nachklang ihrer ehemaligen Eiseinhüllung, unter der Berge von 2000 m vergraben waren. Damals lag also ein Teil des Wassers, der heute flüssig oder dampfförmig ist, in einförmig gewölbter Eishülle über den Ländern, die das Eis „blasenförmig" oft ohne Lücken überzog; den Eismassen entsprechende Mengen von Wasser in Dampfform blieben dabei der Luft entzogen. Spuren der mächtigen Umgestaltung, die dann das Schmelzen dieser Massen festen Wassers bewirkte, sehen wir im norddeutschen Tieflande, wo uns gewaltige Thalungen von Strömen berichten, die um vieles größer waren als die größten Ströme, die wir heute dort finden oder unter den heutigen Zuständen für möglich halten.

Bleiben wir in der Gegenwart, so zeigt uns die Hydrosphäre unaufhörliche Verwandlungen und Rückverwandlungen des festen, flüssigen und dampfförmigen Wassers in einem wahren Kreislauf zwischen dem Meer und dem Lande, der Luft und dem Boden. Ein sehr großer Teil der geographischen Erscheinungen, z. B. alle Quellen, Flüsse und Seen, der Firn und die Gletscher, sind Glieder in der Kette dieses unablässigen Wechsels, fast jeder Fluß, der in den Alpen entspringt, durchläuft die Formen Firn, Gletscher, Gletscherabfluß, See oder Moor und fertiger Fluß. Die Landschaftsbilder, die uns diese Verwandlungen zeigen, sind äußerst lehrreich (s. die Abbildung, S. 11). Dabei ist der halbflüssige Zustand des festen Wassers geographisch besonders wirksam, und das Hineinlagern eines Gletschers in ein Flußthal, das Strömen des Flusses in einem vom Gletscher ausgehöhlten Thale, ja selbst die Einlagerung von Firnflecken in Thalrunsen zeigt, daß das Wasser auch als Eis die Erdoberfläche durch fließende Bewegung umgestaltet (s. die Abbildung, S. 13).

Jeder von diesen Übergängen des Wassers aus einem Aggregatzustand in einen anderen bedeutet eine sehr große Veränderung seiner mechanischen Leistungsfähigkeit. Das Eis läßt den Felsblock fallen, sobald es flüssig geworden ist; sobald das Wasser verdunstet, wobei fremde Stoffe „auskristallisieren", und auch meist, wenn es in den festen Zustand übergeht, läßt es alle schwebenden und gelösten Bestandteile zurück. Daher kommen die eigentümlichen Ablagerungen an den Grenzen der Aggregatzustände des Wassers: Moränenwälle am Ende der Gletscher und selbst der Firnflecken, unterseeische Schutt- und Blockanhäufungen in den Gebieten, wo Eisberge in warme Strömungen eintreten, in denen sie abschmelzen, Zunahme des Salzgehaltes verdunstender Binnenseen und gefrierender Meeresteile, wenn auch in viel geringerem Maße, Bildung von Salzsümpfen,

Salzkrusten und Salzboden. Im allgemeinen dort, wo starke Verdunstung das flüssige Wasser absorbiert, Gebiete der Schuttanhäufung; dies sind aber auch Gebiete, wo das Wasser hauptsächlich als Schnee und Firn erscheint. Daher erinnern die schuttreichen, flachwelligen Fjeldlandschaften Norwegens an Zentralasien und der Eisschutt an den Schutt eines Trockengebietes.

Neben dem großen Kreislauf zwischen dem Wasser des Meeres, der Atmosphäre und des Landes besteht ein kleinerer im Vulkanismus (vgl. den Abschnitt „Vulkanismus" im ersten Band). Wasser in Dampfform ist ein Hauptmotor der Vulkanausbrüche, jede Lava enthält Wasser, die sogenannte vulkanische Asche ist durch Wasserdampfexplosionen zerspratzte Lava, in

Hochthal am Aconcagua, im Vordergrunde Firnreste als sogen. Büßerschnee. Nach P. Güßfeldt. Vgl. Text, S. 12.

den Zwischenräumen der Lavaergüsse haucht der Vulkan Wasser aus. Nehmen wir es einmal als richtig an, daß die vulkanischen Eruptionen durch das Eindringen von Wasser von der Oberfläche her in die Tiefe bis zu dem vulkanischen Magma hervorgerufen werden, so geht Wasser als Flüssigkeit in die Tiefe, um als Dampf wieder herausgeworfen zu werden. Und dieser Prozeß muß sich immer wiederholen und sich seit Urzeiten immer in dieser Weise, wenn auch vielleicht in anderem Maß, abgespielt haben. Nun ist das Innere der Erde nicht wasserlos — Reyer nimmt sogar an, daß es dort mehr Wasser gebe als an der Erdoberfläche — wir sehen also auch ohne die Annahme des Eindringens von Oberflächenwasser bis zu den vulkanischen Herden Wasser aus der Erde heraus in die Hydrosphäre übergehen. Der Ursprung des Wassers bei den Eruptionen ist überhaupt nicht so einfach und einseitig im nahen Meere zu suchen, wie man versucht hat. Weder die Lage der vulkanischen Herde noch die Rolle, die der Wasserdampf

bei den Ausbrüchen spielt, berechtigen dazu. Wasser von der Erdoberfläche kommt sicherlich mit den feuerflüssigen Gesteinsmassen in Berührung, und zwar in gewissem Maße überall. Grund- und Meerwasser brauchen nicht große Spalten, um in die Tiefe zu gehen, sie durchdringen in kleinsten Teilchen das poröse Gestein, das sie durchfeuchten, und auch die feuerflüssigen Gesteinsmassen enthalten Wasser, das den Grad ihrer Flüssigkeit mit bestimmt. Die Lava braucht zwar nicht den Druck dieses Wassers, um bis zur Erdoberfläche und noch darüber hinaus gehoben zu werden, aber jeder Ausbruch wirft eine Menge Wasser in die Luft. Es ist sogar die Ansicht aufgestellt worden, daß in gewissen Perioden der Erdgeschichte die Luft durch den Wasserdampf der Vulkanausbrüche ganz andere Eigenschaften erhalten habe als heute, selbst große Klimawechsel hat man damit zu erklären gesucht.

Bei der Erwägung der geographisch-geologischen Bedeutung des Wassers ist vor allem dieser verhältnismäßig so leichten Übergänge des Wassers aus einem Aggregatzustand in den anderen zu gedenken. Das feste Wasser wird bei 0° flüssig und geht bei 100° in Dampf über, das ist ein ungemein geringer Abstand zwischen dem Schmelzpunkt und dem Siedepunkt. Quecksilber ist bei —39° fest und siedet bei 350°; bei ihm ist der Abstand fast viermal so groß. Das Platin schmilzt bei 2000°, braucht also bei 2000mal mehr Wärme als das Wasser, um in den flüssigen Zustand überzugehen. Ein auf der Erde ungemein weitverbreiteter Stoff, der in der Geschichte unseres Planeten eine unberechenbar große Rolle spielt, ist die kieselsaure Thonerde, die wie die vulkanischen Gesteine bei Temperaturen von etwas über 1100° schmilzt; hier reihen sich die Schmelzpunkte leichtflüssiger Laven und vieler anderer Gesteine an, die in großem Maße am Aufbau der Erde beteiligt sind. Die Aggregatzustände des Wassers liegen so nahe bei einander, daß sie eigentlich niemals fest bestehen, sondern in einem unaufhörlichen Schwanken und Ineinanderübergehen sind. Ununterbrochen nagt Schmelzung, Verdunstung, Erstarrung an dem gerade bestehenden Aggregatzustand, und die Formen der Erdoberfläche tragen die Spuren dieses ewigen Wechsels des Wassers zwischen luftförmig, flüssig und fest an sich.

Aggregatzustände und Energieformen.

Wenn wir in den Veränderungen des Aggregatzustandes der die Erde bildenden Stoffe eine große Ursache stofflicher Verschiebungen zwischen den drei Sphären sehen, so handelt es sich doch dabei noch um viel mehr als nur um die Verlagerung von Stoffen. Die Übergänge von einem Aggregatzustand in den anderen führen die Energie von einer Form in die andere über und weisen ihr die Wege von einem Teil der Erde zum anderen. Die in ungleichem Maße den verschiedenen Zonen zufließende Sonnenwärme wird gleichmäßiger verteilt und zugleich durch Verwandlung in mechanische oder chemische Arbeit vor zu rascher Rückstrahlung in den Weltraum bewahrt, indem sie Wasser verdampft und Eis verflüssigt. Der Übergang des Wassers in Gasform mit Hilfe dieser Wärme erlaubt die Abfuhr der übermäßigen Verdunstung in den warmen Gegenden der Erde nach den wasserdampfärmeren gemäßigten und kalten Zonen. Das ist dann nicht bloß eine Ausgleichung der Wassermassen, sondern auch der Temperaturen. Denn jede Menge Wasserdampf, welche die Südwestwinde aus den Tropen zu uns herführen, bedeutet zugleich ein Quantum tropischer Wärme, das als mechanische Arbeit oder potentielle Energie in diesem Wasserdampf steckt. Sobald er flüssig wird, wird diese Wärme frei, schlägt er sich fest nieder, so wird wiederum Wärme frei, und umgekehrt wird wieder Wärme gebunden, wenn Eis in Wasser und Wasser in Dampf übergeht. Das Schmelzen des Meereises bildet eine doppelte Quelle der Bewegung durch die Volumenzunahme des schmelzenden Eises in den Eismeeren. Das

Schmelzwasser bringt aus der Tiefe nach oben, und an der Oberfläche fließt es über das schwerere Wasser weg. In der Entstehung der Polarströme ist die beim Zusammentreffen von Eis mit warmem Meerwasser in einem breiten Querschnitt vor sich gehende Schmelzung nicht zu übersehen.

Es ist also in diesen unaufhörlichen Übergängen zwischen den drei Aggregatzuständen ein großer Mechanismus gegeben zur Ausgleichung der Wasser- und der Wärmeverteilung über die ganze Erde. So wie die Erde das vom Himmel fallende Wasser in Millionen von Quelladern zersplittert, die endlich nach mancherlei gewundenen Wegen in einen großen Strom einmünden, so wird die Masse der Energie auf der Erde besonders durch die Aggregatänderungen des Wassers

Der Schire vor dem Einfluß in den Sambesi. Nach Photographie von Carvalho. Vgl. Text, S. 17.

in unzählige Teilchen zerlegt. Darauf beruht die Mannigfaltigkeit der geographischen Erscheinungen und besonders auch der Formenreichtum der Erdoberfläche. Denken wir uns das Wasser von der Erde weg, so bliebe zwar die Summe der Energie dieselbe, aber ihre unendlich zahlreichen Einzelleistungen würden verschwinden, und die Erdoberfläche wäre eine einzige formlose Schuttkruste, in der die Zersetzung bald aufhören würde, wenn die Wärmeunterschiede nicht mehr tiefer ins Innere vorzudringen vermöchten. Dem Mechanismus, der sich im Wechsel der Aggregatzustände beständig erzeugt, ist jedes Wasser unterthan. Ihm dienen die großen und kleinen Kreisläufe des Wassers in Luft und Erde, mag es frei an der Oberfläche sich bewegen, oder die Vulkaneruptionen entfesseln, mag es in der Zersetzung der Gesteine oder in den Lebensprozessen sich binden oder die Stoffe lösend die ihm gebotene Arbeit verrichten.

Neben der gewaltigen Arbeitsleistung des an Form und Menge wechselreichen Wassers mögen andere Übergänge, besonders die der Kohlensäure, sehr geringfügig erscheinen. Ihre Wirkungen summieren sich aber mit der Zeit zu enormen Beträgen in den Lebensprozessen und

in der Auflösung und Neubildung von Gesteinen, die aus kohlensauren Salzen, besonders des Kalkes, der Magnesia und des Eisens bestehen. Ich erinnere daran, daß viele von unseren deutschen Gebirgen, besonders die Deutschen Alpen, fast ausschließlich aus solchen Verbindungen aufgebaut sind. Es ist also auch der scheinbar untergeordnete Kreislauf der Kohlensäure in demselben Sinne wie der Kreislauf des Wassers von großer Bedeutung für unseren Planeten.

Die Wasserformen.

Man spricht in der allgemeinen Beschreibung der Erde von den planetarischen Eigenschaften der Größe und Gestalt und den großen Thatsachen der Verteilung von Land und Wasser.

Hakenförmige Landzunge in der Grand Traverse-Bai des Michigansees. Nach Rudolph. Vgl. untenstehenden Text.

Zusammen mit ihnen sollten auch jene bis zu den kleinsten Regenrissen sich abstufenden Formen genannt werden, die das Wasser dem Land aufprägt. So wie die Wasserhülle eine wesentliche Eigenschaft der Erde ist, so sind es die Wasserformen (s. oben, S. 6), die allerorts gleichartig auftreten, da sich das Flüssige zum Festen überall gleich verhält. Es sind hauptsächlich die Formen des über das feste Land rinnenden Wassers, die Formen, welche die Brandungswelle in die Ränder des Landes gräbt, und endlich die Formen der Meere und Seen. Alle drei Arten sind so weit verbreitet wie die Grundlagen, denen sie eingegraben sind. Die Thäler wiederholen sich auf der ganzen Erde, die Küsten, ob steil oder flach, sind einander in allen Zonen ähnlich, und endlich die Niederschläge der Meere und Seen mögen zwar stofflich nach Zonen auseinandergehen, sie sind aber in der Form ihrer Ablagerung (s. die obenstehende Abbildung und Bd. I, S. 406) überall dieselben. So zeigen auch die Erdformen, die das feste Wasser schafft, besonders die Moränen, allenthalben gleiche Merkmale, und wo Gletscher an Thalbildung sich beteiligen, ist ihre Wirkung nur gradweise von der des flüssigen Wassers verschieden.

Die Erdformen des fließenden Wassers und der Brandung bilden eine natürliche Gruppe, in der vollkommen übereinstimmende Gebilde vorkommen: die Riesenkessel (s. die Abbildungen Bd. I, S. 550 und 551), die Wellenrinnen, die Höhlen, die Nischen, die Strandlinien und Terrassen, die Ablagerungen auf einem flachen Strande sind bei beiden gleich. Der größte Unterschied zwischen ihnen liegt darin, daß die Erdformen des fließenden Wassers sich an den Wasserfäden übereinander ordnen, während die der Brandung in der Horizontallinie nebeneinander zu liegen kommen, welche die gleiche Höhe des Wasserspiegels ihnen anweist. Die einen und die anderen sind die Wirkungen fließenden Wassers, doch mit dem Unterschiede, daß über das Land das Wasser in zusammenhängenden Fäden sich ergießt, während das Wasser der Brandung immer von derselben Ebene, dem Meeresspiegel, aus steigt und zurückfällt. Daher zeigt die Flußerosion lange zusammenhängende (s. die Abbildung, S. 15), die Brandung kurze nebeneinanderliegende Bogen- und Wellenformen, und darum wachsen die Erdformen der Flußerosion stetig nach der Tiefe, während die der Brandung immer neuen nachkommenden Platz machen und nur Dauer gewinnen, wenn sie durch Hebung dem Wirkungsbereich der Brandung entrückt werden. Beiden stehen als eine dritte besondere Gruppe die Ablagerungen gegenüber, welche die wagerechte Fläche des ruhenden Wassers abbilden, sei es auf dem See- oder dem Meeresboden.

Rippelmarken in permischem Sandstein. Nach W. C. Brögger.

Das Problem der Wasserformen ist sehr einfach in qualitativer Beziehung, da die Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung und im spezifischen Gewichte des Wassers für die in langen Zeiträumen sich summierenden mechanischen Wirkungen verschwinden, und da auf der anderen Seite die viel mehr ins Gewicht fallenden Unterschiede der Bodenzusammensetzung und der daraus sich ergebenden Härte und Dichte sich nur in dem Maße geltend machen können, als die Wasserkräfte es gestatten. Diese durchschneiden bei voller Entfaltung die härtesten und ältesten Gesteine ebenso wie die weicheren und jüngeren. Man kann zunächst eine Wasserhülle auf einen Boden wirkend sich denken und die daraus sich ergebenden, entsprechend einfachen Folgen nach den äußeren Umständen unterscheiden, unter denen sie entstehen. Wenn nun die Unterschiede des Stoffes verschwinden, die Ursache sich gleich und das Werkzeug immer dasselbe bleibt, wie versteinerte Wasserwirkungen der Vorzeit zeigen (s. die obenstehende Abbildung), so werden die Wirkungen nur noch durch mehr äußere Änderungen in der Anwendung des Werkzeuges verschieden sein. Die Wasserformen der Erde sind in der That nur dadurch mit einer gewissen Mannigfaltigkeit ausgestattet, daß das Wasser auf seine Unterlage in verschiedenen Massen und verschiedenen Winkeln trifft, beides Umstände, die übrigens noch darin etwas Gemeinsames haben, daß das Auftreffen in kleinerem Winkel immer die Massen zu zerstreuen strebt, das Auftreffen in größerem Winkel dagegen die Massen stets zu größerer Wirkung zu vereinigen sucht.

I. Die Wasserhülle der Erde.

1. Die physikalischen und chemischen Grundeigenschaften des Wassers.

Inhalt: Der flüssige Zustand. — Die wichtigsten Eigenschaften des Wassers.

Der flüssige Zustand.

Bei festen Körpern werden die Moleküle in bestimmter Entfernung und bestimmter Lage zu einander gehalten, so daß sie ineinandergefügt zu sein scheinen. Diesen festen Körpern nähern sich die Flüssigkeiten dadurch, daß sie ein selbständiges Volumen besitzen, das zwar durch Änderungen des Druckes und der Temperatur beeinflußt, aber nicht bloß von dem der Flüssigkeit dargebotenen Raum bedingt wird. Eine Flüssigkeit nimmt also auch bei abnehmendem Druck einen bestimmten Raum ein, der sich nur wenig ändert, so wenig, daß früher die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten geleugnet wurde. Mit den Gasen haben die Flüssigkeiten die gleiche leichte Beweglichkeit der Teilchen und die daraus entspringende Fähigkeit gemein, Druckwirkungen nach allen Seiten gleichmäßig fortzupflanzen. Damit ist auch die vollständige Erfüllung aller Räume gegeben, welche die Flüssigkeiten einnehmen.

Wenn ein fester Körper in den flüssigen Zustand übergeht, so wird ihm Wärme zugeführt, die als solche verschwindet, latent, gebunden wird. Umgekehrt verliert ein flüssiger Körper Wärme, wenn er fest wird: sie wird frei. Die Wärme, die in dieser Weise verbraucht wird, um einen Körper zu schmelzen, nennt man Schmelzwärme; sie wird nach Einheiten, „Kalorien", gemessen. So braucht 1 Gramm Eis 80 Grammkalorien, um zu schmelzen, und ebensoviel Wärme muß man einem Gramm flüssigen Wassers entziehen, um es zum Erstarren oder Gefrieren zu bringen.

Die Existenz jeder Flüssigkeit ist an ein bestimmtes Minimum von Druck gebunden. Diesen Druck nennt man Dampfdruck oder Spannkraft des Dampfes dieser Flüssigkeit. Bei jedem stärkeren Druck existiert nur Flüssigkeit, bei jedem schwächeren nur Dampf. Nur bei diesem Minimum, dem Dampfdruck, ist das Nebeneinanderbestehen von Flüssigkeit und Dampf in Berührung miteinander möglich; im übrigen ist der Dampfdruck von der Natur der Flüssigkeit und der Temperatur abhängig; er steigt und fällt mit der Temperatur. Jeder Temperatur entspricht ein bestimmter Dampfdruck, und zwar nehmen beide gleichzeitig zu und ab. Siedepunkt oder Siedetemperatur ist der Wärmegrad, bei welchem der Dampfdruck der Flüssigkeit gleich dem Atmosphärendruck wird, und bei dem zugleich Flüssigkeit und Dampf nebeneinander bestehen. Die Siedetemperatur des Wassers bleibt dieselbe, solange der Druck derselbe bleibt. Mit wachsendem

Druck steigt die Siedetemperatur, mit abnehmendem sinkt sie. Bei dem normalen Luftdruck, der einem Barometerstand von 760 mm entspricht, ist die Siedetemperatur für Wasser 100°, bei 700 mm Barometerstand ist sie nur noch 97,7°. Auf diesem Unterschied beruht die Methode der Höhenmessung mit dem Thermometer.

Eine Flüssigkeit, die in den Dampfzustand übergeht, verbraucht eine erhebliche Menge Wärme, die als Verdampfungswärme bezeichnet wird. Die Ursachen der Wärmebindung sind doppelt: einmal nimmt das von einer bestimmten Menge des Stoffes eingenommene Volumen ungemein zu beim Übergang in den gasförmigen Zustand, wobei der äußere Druck der Atmosphäre zu überwinden ist; und dann wird bei der Volumzunahme im Übergang aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand eine noch viel bedeutendere innere Arbeit geleistet, die notwendig ist, um die Moleküle aus dem Zustand, in dem ihre gegenseitigen Anziehungskräfte nach Möglichkeit befriedigt sind, in den freien Zustand überzuführen.

Durch diese beiden Arbeitsleistungen, die äußere und innere, geschieht es, daß die zur Verdampfung einer Flüssigkeit verwendete Wärme für das Thermometer verloren geht, latent wird. Sie hört als solche auf und wird Arbeit oder potentielle Energie. Bei Verflüssigung der verdampften Körper kommt auch die verbrauchte Wärme wieder zum Vorschein und zwar genau dieselbe Menge, die man verbraucht hatte. So erwärmt sich das Wasser beim Prozeß der Destillation im Kühlraum, indem der gasförmig durchgeleitete Stoff sich durch Abkühlung, d. h. Wärmeabgabe, verflüssigt. Und ganz ebenso muß Wärme frei werden bei der Entstehung von Regen, Schnee, Reif aus dem Wasserdampf der Luft und beim Gefrieren des flüssigen Wassers, und diese Wärme ist sicherlich nicht ohne Bedeutung, z. B. für die innere Temperatur der Gletscher.

Jede Flüssigkeit ist im stande, jedes Gas aufzunehmen und sich mit ihm zu einer homogenen Flüssigkeit oder Lösung zu verbinden. Doch ist diese Absorptionsfähigkeit je nach der Natur beider Stoffe außerordentlich verschieden und nimmt mit steigender Temperatur ab. Man nennt das von der Einheit des Flüssigkeitsvolumens unter Normaldruck absorbierte Gasvolumen Absorptionskoëffizient. Der Absorptionskoëffizient beträgt für Kohlensäure in Wasser 1,7967 bei 0° und 0,90140 bei 20°. Für die Aufnahme von Luft in Wasser ist es wichtig, daß der Absorptionskoëffizient in Wasser bei 0° für Stickstoff 0,02035, für Sauerstoff 0,04114, bei 20° für Stickstoff 0,01403, für Sauerstoff 0,02838 beträgt, d. h. er ist für Sauerstoff bei beiden Temperaturen ungefähr doppelt so groß als für Stickstoff.

Die Aufnahme von Gasen in Salzlösungen ist eine sehr verwickelte Erscheinung, da es dabei je nach der Natur der Salze zu chemischen Verwandtschaftsvorgängen kommt. Es wird dabei ein Teil des Gases chemisch, ein anderer physikalisch gebunden. Im Süßwasser wie im Meerwasser ist kohlensaurer Kalk gelöst; daraus bildet sich beim Zutritt der Kohlensäure doppeltkohlensaurer Kalk, zugleich wird aber auch ein anderer Teil Kohlensäure frei in die Lösung aufgenommen. Die frei aufgenommene Kohlensäure wird ohne stoffliche Umwandlung wieder ausgeschieden, die chemisch gebundene kann nur durch einen chemischen Prozeß wieder freigemacht werden. In kalkhaltigem Wasser bleibt daher Kohlensäure länger gelöst als in reinem, dem sie nur beigemengt sein kann. Selbst im luftleeren Raume macht sich Kohlensäure aus kalkhaltigem Wasser nur langsam frei.

Bei langsamer Abkühlung tritt der Übergang in den festen Zustand in zweierlei Weise ein: stetig oder unstetig. Beim stetigen Übergang nimmt der Flüssigkeitsgrad ab, wie etwa durch die Reihenfolge Wasser, Öl, Melasse, Pech, Siegellack, Glas, also aus einem zweifellos flüssigen zu einem zweifellos festen Zustand durch eine Reihe von Mittelzuständen, die weder ganz

fest, noch ganz flüssig sind. So ist im allgemeinen das Verhalten amorpher Körper. Andere Körper wie Wasser erstarren plötzlich; sie kristallisieren. Wir sehen die Schneekristalle (s. die untenstehende Abbildung) in der vorher klaren Luft und Eisnadeln und -platten in dem noch eben flüssigen Wasser erscheinen. Dem Anschein nach geschieht also bei solchem „unstetigen" Übergang das

Schneekristalle. Nach Neuhaus. Vgl. obenstehenden Text.

Erstarren plötzlich. Es erinnert einigermaßen an den Übergang aus dem gasförmigen in den flüssigen Zustand. Auch die Erstarrung ist an eine bestimmte Temperatur gebunden, den Erstarrungs- oder Gefrierpunkt, doch kann der flüssige Zustand weit unter diesem Punkt festgehalten werden, wenn man Erschütterungen und Berührungen mit einem festen Körper, selbst den Staub der Luft, fernhält. Man hat Wasser bis zu —13° in flüssigem Zustande zu erhalten vermocht; derart unterkühlte Wassertropfen, die beim Auffallen auf die Erde zu Eis werden, bilden den sogenannten

Eisregen. In der Natur, wo es sich um das Gefrieren großer Wassermassen handelt, wird der Anschein eines langsamen Überganges vom flüssigen in den festen Zustand durch ein Gewirr schwimmender Eisnadeln erweckt, das der Bildung der Eisdecke vorausgeht; denn thatsächlich entsteht hier ein Kristallnetz aus Eis, dessen Maschen flüssiges Wasser enthalten. Über zähes Eis aus Meerwasser s. unten im Abschnitt „Meereis".

Die wichtigsten Eigenschaften des Wassers.

Das durch Verbindung von 89 Teilen Sauerstoff und 11 Teilen Wasserstoff entstehende Wasser kommt in der Natur nicht vollständig rein vor. Auch im Laboratorium kann es nicht völlig rein dargestellt und besonders nicht von dem Stickstoff der atmosphärischen Luft befreit werden. Am häufigsten sind die Beimengungen von Stickstoff, Kohlensäure, Ammoniak, kohlensaurem Kalk, Kieselsäure. Bei dem am weitesten verbreiteten Wasser des Meeres gesellen sich zu diesen an Menge wechselnden Stoffen überall noch eine Reihe von Salzen.

Von der Lösungsfähigkeit des Wassers für feste Körper haben wir oben gesprochen. Vgl. Bd. I, S. 534. Ihren Wirkungen begegnen wir im Haushalt der Erde überall. Feste Stoffe werden durch sie ununterbrochen in flüssige verwandelt, und der alte Satz: „Das Wasser ist so wie die Erde, durch die es rinnt", spricht eine der Grundthatsachen der physikalischen Geographie aus. Die Schätzung der Kochsalzmenge des Meeres als eine Kugel von 200 km Durchmesser verdeutlicht die Masse, um die es sich dabei handelt. Wir möchten hier die Zunahme der Lösungsfähigkeit mit der Temperatur hervorheben, die gerade für das am meisten in Betracht kommende Chlornatrium nicht beträchtlich, viel größer für schwefelsaure Magnesia und Chlorkalium ist. Der weitverbreitete schwefelsaure Kalk, Gips, gehört zu den Körpern, die vom Wasser bei niedriger Temperatur leichter aufgelöst werden als bei hoher (bei 0° lösen 100 Teile Wasser 0,190 dieses Salzes, bei 20° 0,206, bei 40° 0,214, bei 60° 0,208); auch löst er sich leichter in einer Kochsalzlösung, was bei der weiten Verbreitung des Gipses, auch im Meerwasser, von Bedeutung ist. Eine Chlornatriumlösung ist bei 25° durch Aufnahme von 36 Teilen Salz in 100 Teilen Wasser gesättigt, aber die Übersättigung tritt gerade bei Chlornatriumlösungen leicht ein. Die Wärmebindung bei Lösung von festen Körpern in Wasser wird größer, je mehr Wasser hinzutritt. Das ist bei den Temperaturänderungen des Meeres nicht zu übersehen. Die gebundene Wärme ist um so größer, je niedriger die Ausgangstemperatur war.

Von den oben besprochenen aufgelösten Gasen kommt für die geographischen Vorgänge hauptsächlich die Kohlensäure in Betracht, die in Verbindung mit Wasser ein gutes Lösungsmittel für viele weitverbreitete Karbonate, wie des Calciums, Magnesiums, Mangans, Eisens, und daraus entstehende leicht lösliche Bikarbonate ist. Für den Lebensprozeß ist sie von der größten Wichtigkeit. Ammoniakhaltige Wasser entlassen, dem Tageslicht ausgesetzt, fast alles Ammoniak; daher ist im Flußwasser so wenig von dem im Regenwasser vorhandenen Ammoniak. Bei abnehmender Wärme wächst die Fähigkeit des Wassers, Gase aufzulösen, dagegen entläßt es beim Übergang in Eis einen Teil der gelösten Gase.

Während weitaus die meisten Körper mit zunehmender Abkühlung sich zusammenziehen, hat das Wasser die Eigentümlichkeit, seine größte Dichte in der Nähe von 4° zu erreichen, so daß es sich ebensowohl ausdehnt, wenn es sich über diesen Grad erwärmt, als wenn es sich unter ihn abkühlt. Das Gewicht des Eises verhält sich zu dem des reinen Wassers wie 91 : 100. Mit diesen Veränderungen hängt eine Reihe wichtiger geographischer Erscheinungen zusammen. Ich nenne nur das Zersprengen der Gesteine durch gefrierendes Wasser, das Schwimmen des Eises

auf Wasser, das Eintauchen der Eisberge mit 9/10 ihres Volumens in das Wasser, die Bildung der Eisdecken, die Erhaltung einer Tiefentemperatur von nicht unter 4° in allen, auch den tiefsten Süßwasserseen, die Verzögerung des Gefrierens tiefer Seen, die Eispressungen in den Polarmeeren. Die Zumischung von Salz erniedrigt die Temperatur, bei der die größte Dichte stattfindet, und zwar liegt sie beim gewöhnlichen Meerwasser unter —3°. Daher kommt, im Gegensatz zu den Süßwasserseetiefen, am Meeresboden Wasser von weniger als 0° Wärme vor.

Die spezifische Wärme, d. h. die Wärmemenge, die nötig ist, um in einer Wassereinheit die Wärme um 1° zu erhöhen, ist beim Wasser größer und veränderlicher als bei vielen anderen Körpern. Man pflegt für die spezifische Wärme des Wassers 1 zu setzen, für Alkohol ist sie dann 0,6, für Äther 0,53, Schwefelkohlenstoff 0,24, Eisen 0,11, Kupfer 0,09, Quecksilber 0,03. Beim Wasser ändert sie sich mit der Temperatur, setzen wir sie zu 1 bei 15°, so ist sie 1,0049 bei 5° und 0,9973 bei 25°. Gerade bei diesem Körper ist der Unterschied der spezifischen Wärme auch nach den Aggregatzuständen größer als bei anderen. Setzen wir für flüssiges Wasser wiederum 1, so ist der Betrag für Eis gleich 0,48. Das läßt auf einen entsprechend größeren Unterschied im molekularen Aufbau des Wassers und des Eises schließen.

Das Wasser geht bei jeder Temperatur, die an der Erdoberfläche vorkommt, in Dampf über. Geschieht dies ohne die Erscheinungen des Siedens, also nur an der Oberfläche, so verdunstet es; es ist aber folgenreich, daß sich das Wasser dabei nicht zersetzt, wie manche andere Körper, die in ihre Bestandteile zerfallen, bevor sie verdunsten. Auch ist die Verdunstung nicht als eine Auflösung in Luft aufzufassen, wobei die Luft die Rolle des Wassers in einer wässerigen Lösung spielt, sondern Wasserdampf besteht für sich selbst, und auch im luftleeren Raum. Sind feste Körper im Wasser aufgelöst, so verdunstet dieses bei gleicher Temperatur schwerer als reines Wasser. Meerwasser und Süßwasser verdunsten im Verhältnis von 1 : 1,2. Mit zunehmender Temperatur vermindert sich der Unterschied, aber der Siedepunkt der Salzlösungen liegt immer höher als der Siedepunkt des reinen Wassers. Reines Wasser, das verdunstet, läßt Wasser von derselben Zusammensetzung und Dichte zurück, aber wenn eine Salzlösung verdunstet, so bleibt eine salzreichere und dichtere Flüssigkeit. Daher verändert sich das Gewicht in den Teilen einer Süßwassermasse nur mit der Temperatur, während es sich in einer Salzwassermasse auch mit der Verdunstung ändert. Das Wasser der Binnenseen geht also nur infolge von Abkühlung in die Tiefe, das Meerwasser auch infolge von Verdunstung, und auf Verdunstung beruht ein großer Teil der klimatisch und biogeographisch folgenreichen Strömungsbewegungen des Meeres.

Der Gefrierpunkt des reinen Wassers beim gewöhnlichen Luftdruck hat bekanntlich den Anlaß zur Festlegung des Nullpunktes in den Thermometern nach Reaumur und Celsius gegeben. Vermehrung des Druckes läßt nun diesen Gefrierpunkt unter 0 sinken, Verminderung des Druckes läßt ihn steigen. Bekannt sind die Anwendungen dieses Verhaltens in der Technik, wo man flüssiges Wasser durch Luftverdünnung in Eis verwandelt. In derselben Weise schmilzt Eis bei 0°, wenn man den Druck vermehrt, Salzlösungen in Wasser frieren bei Temperaturen unter 0°, und zwar sinkt ihr Gefrierpunkt im allgemeinen proportional der aufgelösten Menge. Diese Lösungen finden auch das Maximum ihrer Dichtigkeit bei weniger als 4°. Der Gefrierpunkt des gewöhnlichen Meerwassers liegt bei —2,1 bis —2,6°, die größte Dichtigkeit bei —3,7 bis —4,7°. Kommt Süßwasser in Berührung mit Salzwasser von weniger als 0°, so gefriert es. Dies ist eine Ursache des sommerlichen Wachstums des Eismeereises, das bis in den August fortdauert, d. h. solange durch Auftauen Schmelzwasser geliefert wird, das bei Berührung mit dem kälteren Salzwasser erstarrt. Die Schmelzung des Meereises hängt natürlich vom

Gefrierpunkt des Salzwassers ab. Wenn Wasser von einem Salzgehalt von 3,5 Prozent statt bei 0° bei —2,6° gefriert, so taut es auch bei dieser Temperatur auf, es schmilzt also, wenn Süßwassereis noch lange zusammenhält, und salzreicheres Wasser taut früher auf als salzärmeres. Man vermutet, daß so das frühere Aufgehen des Eises der vom 57.° nördl. Breite etwa acht Monate lang eisbedeckten Beringstraße auf der Westseite zu erklären sei. Es liegt im Bau des Eises, daß eine innere Schmelzung im Umkreis der eingeschlossenen Tröpfchen von Salzwasser stattfindet. Im Meereis wird sie besonders begünstigt durch die Ansammlung salzreicherer Flüssigkeit zwischen den Kristallen; aber auch im Süßwassereis werden salzreichere, wie wohl noch sehr dünne Lösungen ausgeschieden, die zur inneren Schmelzung etwas beitragen können.

Auf der Erniedrigung des Schmelzpunktes des Eises, der bei einer Atmosphäre Druck um 0,0075 sinkt, beruht die Regelation. Es genügt geringer Druck, um zwei glatte Eisstücke bei 0° in Berührung zusammenfrieren zu lassen, wie Faraday zuerst 1850 beobachtete, der dieser Erscheinung den Namen Regelation beilegte. Dabei findet zuerst eine Verflüssigung des Eises auf den beiden Berührungsflächen durch Druck und dann ein Erstarren des verflüssigten Zwischenwassers beim Nachlassen des Druckes statt; bei Wiederholung des Druckes tritt neuerdings Verflüssigung und Auseinanderlösung der beiden Stücke ein. Auf dieser Eigenschaft beruht die Bildung großer zusammenhängender Eismassen, und sie ist von entscheidender Bedeutung für die Natur der Gletscher (s. die nebenstehende Abbildung). Für diese kommt aber auch die Thatsache in Betracht, daß der Übergang des festen Wassers in den flüssigen Zustand nicht erst im Moment der Schmelzung eintritt. Das ist im Gegensatz zum Gefrieren kein unstetiger Übergang. Die genauen Untersuchungen Pettersons über das Schmelzen von chemisch reinem Eis lassen die Zusammenziehung des Eises schon bei Temperaturen unter 0 und das Weichwerden des bei niedrigen Temperaturen spröden Eises vor der Schmelzung erkennen. Man kann sagen, das Schmelzen beginnt schon, ehe der Schmelzpunkt erreicht ist, und der Vergleich des Eises mit Wachs, den Pfaff nach seinen Versuchen über Plastizität zog, ist insofern wohlbegründet. Diese Veränderung zeigt sich durch eine langsame Abnahme der Ausdehnung bei steigender Temperatur, bis Zusammenziehung eintritt. Daß aber diese Eigenschaft nicht dem festen Wasser an sich zugehört, sondern von gewissen Beimengungen abhängt, beweist, daß sich das Volumen des destillierten, in gewöhnlichem Sinne reinen Wassers von —0,25° an vermindert, während Wasser mit 0,015 Prozent Chlor dies bei —4° und mit 0,27 Prozent Chlor bei —14° thut. Neben dem Druck wirkt auch die chemische Zusammensetzung auf den Schmelzpunkt des Wassers ein, was bei der Gletscherbewegung nicht zu übersehen ist, bei der es sich am Grunde des Gletschers um Wasser handelt, das in vielfacher Berührung mit Fels und Gesteinsschutt unter hohem Drucke ist.

Kornstruktur des Eises von der Zunge des Drygalski-Gletschers (4875 m) am Kilimandscharo. ⅔ nat. Größe. Nach Hans Meyer. Vgl. nebenstehenden Text.

Reines Wasser ist in kleinen Mengen vollkommen durchsichtig, aber in größeren Mengen übt es eine starke Absorption auf die Lichtstrahlen aus. Eine Schicht von 5 m Tiefe läßt nur den dritten Teil des Lichtes durch, und in Tiefen von 300 m bringt so gut wie kein

Lichtstrahl. Genau nachgewiesen ist das Eindringen des Sonnenlichtes in Süßwasserseen nur bis 240 m. Die Verunreinigungen durch Staubteilchen und andere Körperchen, besonders auch organische, spielen eine große Rolle bei der Durchsichtigkeit des Wassers in der Natur. Wir sehen dies schon nach der Filtration des Wassers durch grobes oder feines Filtrierpapier. Mit höherer Temperatur geht größere Durchsichtigkeit Hand in Hand. Das mag mit dem Niederschlag trübender Stoffe bei zunehmender Wärme zusammenhängen, im Meerwasser wohl auch mit dem Fehlen kleiner organischer Wesen, die im kälteren Wasser häufiger werden.

Die Farbe des reinen Wassers ist blau. Das tiefe Blau mancher Seen und Meeresteile beruht aber nicht bloß auf der Reinheit, sondern möglicherweise auf besonderen Beimengungen, z. B. von Kohlensäure. Die weitverbreiteten grünen und bräunlichen Farbentöne der Seen, Flüsse, Meeresteile sind eine Abwandlung der blauen durch anorganische und organische Beimengungen. (Vgl. unten über die Farben der Flüsse und Seen, des Meeres und des Eises in den betreffenden Abschnitten.)

---

2. Die Wasserhülle der Erde als Ganzes.

Inhalt: Das fließende Wasser im Verhältnis zum stehenden. — Schwankungen in der Hydrosphäre. — Schwankungen der Wassermenge auf der Erde. — Das Wasser und das Leben. — Der Mensch und das Wasser.

Das fließende Wasser im Verhältnis zum stehenden.

Der Meeresspiegel, der im Gegensatz zum festen Land für das Auge eine scharf abgegrenzte wagerechte Linie, den Horizont, gegen den Himmel bildet (s. die Abbildung, S. 25), ist überall auf der Erde die Grenze zwischen dem aus der Luft fallenden und von den höheren Teilen der Erde niederrinnenden Wasser und dem Wasser, das im riesigen, vielgestaltigen Becken des Meeres steht. Beide Bewegungen finden ihren Abschluß in dieser selben großen Ebene der Meeresfläche, die durch Verdampfen des Wassers den Anlaß des entstehenden Kreislaufes gibt. Die erste Wirkung ist die Verdichtung dampfförmigen Wassers in der Luft und an der Erdoberfläche in Form flüssiger und vorübergehend fester Niederschläge. Auf das Meer fallen diese Niederschläge unmittelbar und gehen ohne weiteres in der großen Masse auf; gehen sie jedoch auf dem Lande nieder, so haben sie erst Wege bis zum Meere zurückzulegen, welche die Landmassen auf weiten Entfernungen durchziehen. So wird das feste Land als Gebiet des bewegten Wassers von den Gebieten des ruhenden Wassers, den Meeresbecken, geschieden. Auf dem Festland erscheinen die Wasser als Quellen, Bäche, Flüsse, Ströme, Abflußseen, wenn ihr Zustand flüssig ist, und vorübergehend erstarrt als Schnee, Firn und Gletscher. Flüssig dringen die Wasser, soweit es ihnen möglich ist, in den Erdboden ein, sie suchen sich unterirdische Wege, die als Quellen an der Erdoberfläche oder auch auf dem Meeresboden münden. Ein nicht kleiner Teil erstarrt in Spalten und Höhlen des Bodens zu Höhleneis, und größere Mengen, die sich zunächst der Messung entziehen, kommen mit wärmeren Erdschichten in Berührung und werden in Wasserdampf verwandelt, der in vulkanischen Eruptionen und Solfataren zu Tage tritt. Auch finden wir flüssiges Wasser im tiefsten Urgestein in feiner Verteilung eingeschlossen. Muß nun alles Flüssige, das sich über dem Meeresspiegel bewegt, auch das, was zeitweilig in Abflußseen, Firnfeldern, Eisklüften scheinbar zur Ruhe kommt, zum Meere herabsteigen, so sammeln sich doch immer kleine Teile in örtlichen Einsenkungen zu abgeschlossenen Seen, deren Wasser nur auf dem Weg

der Verdunstung und der Niederschläge zum Meer wieder zurückgelangt. So ergießen das südöstliche Rußland, die größere östliche Hälfte des Kaukasus, die Kirgisensteppe, die Hochfläche des Ust Urt und der Nordwestrand des Hochlandes von Iran, Gebiete von der Größe eines Achtels der Oberfläche Europas, ihr Wasser in den abflußlosen Kaspisee.

Jedoch das von allen Seiten dem Meere zufließende Wasser ist an Menge verschwindend gegenüber der gewaltigen Wassermasse des Meeres selbst. Die Summe der Niederschläge aller Formen, die in einem Jahre die Erde erreichen, würde eine Wasserhülle von 1,5 m durchschnittlicher Tiefe um die Erdkugel legen. Ein Teil davon kehrt sehr bald als Wasserdampf in die

Düne und Meereshorizont. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 24.

Luft zurück. Woeikow schätzt die Wassermenge, die von dem Festland her in einer Sekunde den Ozean erreicht, auf 600,000 cbm. Alle Ströme, Flüsse, Bäche, Quellen Deutschlands bilden nur etwa 1/6000 der Wassermasse, welche in einem gleichgroßen Raume des Ozeans steht, und 3000mal mehr Regen, Schnee, Nebel und Tau müßte auf irgend eine Fläche Mitteleuropas das ganze Jahr hindurch herabfallen, um den gleichen Raum im Atlantischen Ozean zu füllen.

So viel Wasser in einem Jahre auf die Erde als Niederschlag gelangt, so viel muß in Dampfform durch Verdunstung auch wieder in jedem Jahre in die Luft zurückkehren. Lassen wir nun jede andere Verdunstung beiseite und schätzen nur die des Meeres, so würde der ganze Bestand an Meerwasser auf der Erde in 1133 Jahren den Weg durch die Luft gemacht haben. Immer ist ein Teil des Wassers der Erdoberfläche gasförmig in der Luft, ein anderer liegt in festem Zustand auf der Erde, und ein dritter, auf der heutigen Erde der weitaus größte Teil, steht und fließt im flüssigen Zustand auf und in der Erde. Die gewaltigsten Massen von diesen Wassern vereint das Meer in den weiten und tiefen Einsenkungen der Erdoberfläche,

dieses gewaltige Meer, das auf der heutigen Erde nicht viel weniger als drei Vierteile der gesamten Oberfläche einnimmt. (Vgl. Bd. I, S. 256.)

Wenn die Masse des durch die Erdteile fließenden Wassers scheinbar nicht groß ist, so ist sie dafür um so verbreiteter. Die Tiefe der Flüsse ist im allgemeinen gering, die tiefsten Stellen des Rheines sind ungefähr so tief wie die flachsten der Nordsee, dieses seichtesten der Meere. Das hinabfließende Wasser verbreitet sich in unzähligen kleinen und großen Rinnen über die Erde. In einem wohlbefeuchteten Gebirge wie den Alpen geht man keine Fünftelmeile, ohne einen Bach zu überschreiten, unterhalb Innsbruck münden von rechts her auf etwas mehr als einer deutschen Meile Weglänge elf Bäche in den Inn. In Mitteldeutschland ist der Wasserreichtum zwar nicht so bedeutend wie im Hochgebirge, aber auch hier reicht die Verzweigung der großen Ströme, die in Zwischenräumen von durchschnittlich 150 km das doppeltgeneigte norddeutsche Tiefland durchfurchen, bis in die äußersten Winkel des Gebietes.

Das Stromgebiet des Po. Vgl. untenstehenden Text.

Die Wasserfäden, welche über die Erde hinfließen, haben alle ihren Ursprung in den höchstgelegenen Gebieten und steigen von diesen zu den tieferen herab, wo sie am zahlreichsten sind. Auf ihren gemeinsamen Wegen kann es nicht anders sein, als daß sie einander begegnen und sich miteinander vereinigen, denn alle streben nach der tiefsten Stelle. Sie nehmen daher an Zahl ab und an Größe zu, nähern sich einander, vereinen sich in tieferen Gebieten und erreichen immer ihre größte Entwickelung da, wo sie in das Meer fließen. Jedes Flußsystem (s. die obenstehende Abbildung) kann in eine Dreiecks- oder Rautenform eingeschlossen werden, deren Spitze in der Mündung auf der Meeresfläche liegt. Nicht selten steigert das Zusammentreffen mehrerer Systeme, wie in Rhein und Maas, Donau und Pruth mit Sereth, die Wassermasse gegen die Mündung zu ganz plötzlich. In den Quellen liegt stets der Anfang und daher das Minimum, in der Mündung der Schluß, die Summe und daher das Maximum dieser Stromentwickelung. Je mehr die Wasserfäden sich dem Sammelbecken des Meeres nähern, desto stärker werden sie, sie wachsen auf die größte Masse zu und künden damit gleichsam das Übergewicht derselben schon vorher an. Mächtige Ästuarien und Deltas, wie des La Plata oder Ganges, bilden thatsächlich einen Übergang vom zerstreuten Wasser des Landes zu der großen Konzentration im Meere.

Im Gegensatz zur Ruhe des meeresbedeckten Bodens herrscht da, wo Wasser fließt, eine Bewegung, die erdumgestaltende Arbeit leistet. So zerfällt also das Land im Verhältnis zum Wasser in drei Teile: einen größten, der unter der Decke des Meeres ruht, einen zweiten, der von fließendem Wasser in allen seinen Formen überrieselt und zum Teil überschwemmt wird, und einen dritten, den der Saum des Meeres als Brandung bearbeitet. In dem ersten und dritten Teil tritt uns das Wasser als einheitliche Wasserfläche entgegen, die aus allen Bewegungen wieder in sich zurückkehrt, im zweiten ist es zerteilt und nach Masse und Gestalt veränderlich, und sehr verschieden und wechselnd ist das Ziel, zu dem es gelangt. Und doch bricht auch durch die Vielheit und Verschiedenheit der Flüsse das Gemeinsame des Wassers sich Bahn. Wir haben vorher die Wasserformen der Erde kennen gelernt; aber das fließende Wasser erzeugt auch für sich natürliche Einheiten und ursächliche Zusammenhänge, wo ursprünglich nur zufällige topographische Beziehungen bestanden: der Rhein verbindet Becken und Spalten des verschiedensten Ursprungs zu einer neuen Einheit, Rheinthal genannt, und verknüpft dadurch Gebirg und Meer. Im ganzen sind alle Formen, in denen fließendes Wasser an der Erde auftritt, höchst vergänglich, die Flüsse verlegen ihr Bett, verbreitern sich oder werden kleiner, Seen werden aufgefüllt, und Quellen suchen neue Wege. Im Vergleich mit ihnen sind die Verlagerungen der Meere äußerst langsame und ausgebreitete Bewegungen.

Schwankungen in der Hydrosphäre.

Die Spuren des Meeres im Inneren der Länder hatten schon den ionischen Philosophen die Frage vorgelegt, ob nicht das Wasser auf der Erde abgenommen habe, aus dem Inneren der Länder zurückgetreten sei und vielleicht immer noch weiter abnehme. In dem noch engen Gesichtskreis dieser Denker mochte die Ansicht von einer stetigen Abnahme des Wassers an der Erdoberfläche als die nächstliegende und einfachste Erklärung der Entstehung der Länder und Inseln erscheinen. Setzen sich nicht ihre Grundmauern auf dem Meeresboden fort, sehen nicht ihre Küsten aus, als ob das Meer sie erst jüngst verlassen hätte? Aristoteles bekannte sich bereits zu einer unserer Auffassung näherkommenden Erklärung, die aus dieser älteren hervorgegangen war. Er ging vom Schwarzen Meere aus, das einst geschlossen gewesen sei, bis die aufgestauten Wassermassen sich ihren Weg durch den Bosporus und die Dardanellen gerissen hätten. Derselbe Vorgang hat sich dann nach seiner Ansicht in viel größerem Maße in dem ebenfalls geschlossenen Mittelmeer vollzogen, bis auch hier die Fluten sich einen Ausweg zwischen den Säulen des Herkules hindurchbrachen. Vorher sei unter anderem Ägypten mit den niederen Teilen von Libyen und der Ammonsoase ein Meer gewesen.

Das Urmeer der Alten, aus dem die ganze Schöpfung hervorging, kehrt in allen Kosmogonien wieder. Auch die Geologie des 19. Jahrhunderts hat noch daran geglaubt. Die heutige Geologie hält nicht mehr einen Zustand vollständiger Wasserbedeckung unseres Planeten für wahrscheinlich. Es fehlen jedenfalls alle Beweise dafür, daß die Erde einst überall von Wasser umflossen, also, oberflächlich betrachtet, nicht eine Erd-, sondern eine Wasserkugel gewesen sei. Es gibt Konglomerate schon in archäischen Schichten, die auf vorhandenes Land deuten, und silurische Ablagerungen können nur in ausgedehnten Landflächen entstanden sein. In der devonischen Formation gibt es aber bereits hoch organisierte kryptogame Pflanzen und Lungenschnecken, die voraussetzen, daß seit Jahrhunderttausenden Land dagewesen sei und zwar ausgedehntes Land. Es ist ferner wahrscheinlich, daß große Teile von Nordeuropa und Nordamerika, von Südafrika, Brasilien, Indien und China seit paläozoischen Zeiten Land geblieben

sind. Auch die riesigen Landreptilien und Landsäugetiere, die seit der mesozoischen Periode immer wieder in neuen Formen erschienen sind, die riesigen Ahnen unserer Elefanten und Rhinozeronten, setzen keine geringe Landausdehnung zur Weide voraus.

Die konsequente Anwendung der Hypothese der Einschrumpfung der Erde durch Abkühlung (s. Bd. I, S. 248) müßte zur Ausbreitung der Meere statt zum Rückgang führen, denn da die Wasserhülle sich nur unmerklich ändert, während jene Einschrumpfung, wie angeblich die jungen Faltengebirge zeigen, sehr rasch arbeiten würde, müßte sich das Land verhältnismäßig rasch verkleinern, und es wäre der Zeitpunkt vorauszusehen, wo überhaupt alles Land in das Wasser „hinuntergeschrumpft" wäre. Die ununterbrochen thätige Arbeit der Winde, Flüsse und Gletscher, die feste Stoffe abtragen und endlich dem Meere zuführen, auf dessen Boden sie für immer liegen bleiben, müßte diesen Prozeß noch beschleunigen.

Die Verlagerungen der größten Abschnitte der Hydrosphäre gehören in ein anderes Kapitel, denn von einem Rückgang oder Wachstum der Wasserhülle ist bei den zu Land gewordenen Urmeeren nicht die Rede. In den Kapiteln „Erdteile und Meere" und „Die Inseln" des ersten Bandes dieses Werkes ist von den großen Verschiebungen gesprochen worden. Finden wir Symptome für diese Schwankungen, so dürfen wir sie nur als örtlich begrenzt in solchem Maße anerkennen, wie die Geologie sie heute für die jüngere Periode der Erdgeschichte nachzuweisen vermag, aber uns nicht zu dem allgemeinen Schluß verleiten lassen, in ihnen den Beweis für den Rückgang der Wasserhülle der Erde sehen zu wollen.

Nicht alles Wasser kehrt in die flüssige oder Gasform zurück, wenn es einmal engere Verbindungen mit dem Festen eingegangen ist, und es geht unzweifelhaft damit ununterbrochen Wasser für die Hydrosphäre verloren. Wenn die Notwendigkeit des Wasserzuflusses von der Erdoberfläche zu den vulkanischen Herden einst nachgewiesen sein wird (vgl. Bd. I, S. 182), werden wir den Wassergehalt der Laven und Tuffe als einen großen Verlust der Hydrosphäre aufzufassen haben. Die Zersetzungen der Gesteine bedeuten immer die Bindung von Wasser. Dieses Wasser kehrt in den seltensten Fällen wieder in den flüssigen Zustand zurück. Thonschiefer hat 4—5,7 Prozent Wasser, der aus ihm sich bildende reine Thon oder Kaolin 11—17, Serpentin 9—13, Gips 20—21, Thon und Thonmergel bis zu 70 Prozent Wasser. Die Kieselsäure kristallinischer Gesteine ist nahezu wasserlos, Kieselgur und Kieselsinter enthalten 9—11 Prozent. Der Übergang von kohlensaurem Eisenoxydul in Eisenoxydhydrat, besonders in solche Formen wie Bohnerz und Raseneisenstein, bedeutet die Bindung von 11—29 Prozent Wasser. Da nun alle diese Mineralien einen großen Bestandteil des Aufbaus unserer Erde ausmachen, so ist ersichtlich, welche Wassermengen der Oberfläche entzogen und im Inneren gebunden sind.

Schwankungen der Wassermenge auf der Erde.

Es liegen für die heutige Erdperiode keine Gründe für die Annahme einer allgemeinen Veränderung der Wassermenge auf der Erde vor, die von Zeit zu Zeit geglaubt und auch von wissenschaftlicher Seite zu beweisen gesucht wurde. Es wird ja mit vollem Recht immer zuerst an eine Abnahme gedacht werden, weil aus den eben angegebenen Gründen ein Wasserverbrauch, der nicht voll ersetzt wird, gar nicht fehlen kann. Hierfür aber den Beweis zu erbringen, sind unsere Beobachtungen noch viel zu wenige. „Trotz der teilweise sehr entschieden ausgesprochenen Wechsel in den Niederschlägen und abfließenden Wassermengen ist eine weitgehende Veränderung derselben auf der Gesamtoberfläche nicht möglich, da sich die Ursachen dazu in anderen Erscheinungen, namentlich den Temperaturen, leicht bemerklich machen müßten, was

nicht der Fall ist. Es können nur schwache Oszillationen um ein allgemeines Mittel sein, wobei aber für einzelne Ländergebiete sehr auffallende Unterschiede dadurch auftreten können, daß die Windrichtungen sich periodisch ändern“ (Fritz). Die Erkenntnis der periodischen Schwankungen in allen Formen der Wasserhülle, besonders in den Seen und Gletschern, hat viele Erscheinungen erklärt, die man sonst auf allgemeine, in *einer* Richtung fortschreitende Änderungen der Wasserhülle zurückführen wollte. Andere können noch einfacher verstanden werden.

Sehr viele Thatsachen, die als Erklärung für die Verminderung der Wassermenge unserer Erde angeführt werden, gehören der naturgemäß allverbreiteten Tieferlegung der Flußläufe und Quelladern an. Wo der Boden nicht von innen heraus gehoben wird, müssen alle fließenden Gewässer, groß und klein, sich tiefer einschneiden. Die Thäler werden im ganzen tiefer, wenn auch im einzelnen Auffüllungen stattfinden, und damit sinkt der Wasserspiegel. Dasselbe Ziel wird erreicht, wenn wir den Fluß gerade legen und damit den Lauf verkürzen und das Gefälle steigern. Wir werden das Sinken der Wasserstände gerade gelegter Flüsse kennen lernen. Als die Wasserstände des Nils im Altertum bis 7 m über den jetzigen Stand noch hinausgingen, haben sie, in Oberägypten oberhalb der Stromschnellen von Kalabsche, die Kultur in geschichtlicher Zeit höher und tiefer ins Land reichen lassen, während die Reste der Tempel und Dörfer wie eine Kulturterrasse oder eine Strandlinie der Geschichte über dem heutigen Kulturniveau stehen, das mit dem Stromspiegel gesunken ist. So ist im horizontalen Sinne die Kultur zurückgewichen und hat breite Randstreifen der Wüste anheimfallen lassen, man kann sagen, sie ist von einem breiten Rande von Ruinen umgeben. Auch in *Südafrika* wird die langsam fortschreitende Austrocknung von den meisten Eingeborenen und Ansiedlern behauptet, von den fremden Erforschern des Landes ebenso oft geleugnet. Zum Beweis wird oft der Rückgang des Baumwuchses angeführt, allerdings meinen wir mit G. Fritsch, daß in ganz Südafrika die Bäume nur in geringer Zahl und in trockenheitliebenden Formen vertreten waren. Aber es ist nicht zu leugnen, daß an einer ganzen Reihe von Orten die Quellen abgenommen haben. So ist im Griqualand angeblich Griquastad nur durch das Versiechen der Hauptquelle eine Trümmerstätte geworden und ihr Sitschuananame Taga-Mutscha, Stadt des Glückes, kündet wohl noch von vergangenen guten Tagen. Auch der Häuptling Waterboer erzählte dem Reisenden G. Fritsch, daß Schnee, der zu seiner Knabenzeit öfters auf den Feldern lag, eine im Griqualand unerhörte Naturerscheinung geworden sei, ebenso, daß früher stets vereinzelte Regen im Winter gefallen seien, jetzt aber zu den größten Seltenheiten gehören. In den Wanderungen der südafrikanischen Stämme, besonders des Inneren und des Westens, und in der häufigen Verlegung ihrer Hauptorte ist nicht selten Wassermangel die Ursache. Selbst das Aussterben südafrikanischer Eingeborener hat man damit in Verbindung gebracht. Für Nordafrika liegen ganz ähnliche Angaben vor. In algerischen Oasen soll noch im Laufe dieses Jahrhunderts das Grundwasser beträchtlich gesunken sein; man hat an einzelnen Stellen sogar von 3 m gesprochen. Auch heute noch nimmt in der Libyschen Wüste die Wassermenge und damit natürlich die Kulturfähigkeit der Oasen ab. In Farafrah ist das Kulturland im Rückgang, die Brunnen werden immer schlammiger, und es gibt deutliche Spuren alter Quellen, wo heute Wasserlosigkeit herrscht.

Nicht minder wird auch für die *Steppengebiete Zentralasiens* eine noch immer fortdauernde Austrocknung angenommen. Der Rückgang des Kaspisees und anderer Seen Turans ist zweifellos. Sewerzow glaubt aber auch im Tiënschan aus den Spuren der verschwundenen Gletscher und Seen das Trockenwerden des Gebirges nachweisen zu können. Als Symptom hierfür dient ihm auch das Nichtnachwachsen abgetriebener Wälder. Allerdings scheinen diese Steppengebiete ein Boden zu sein, der noch in junger Zeit große hydrographische Veränderungen erfahren hat. Die neueren Forschungen über die Geschichte der Steppengebiete Nordafrikas und Westasiens seit der Diluvialzeit machen es immer wahrscheinlicher, daß die Austrocknungserscheinungen in der geschichtlichen Zeit wenigstens an den Rändern der Steppen und Wüsten nicht allein auf Unterschiede der Bewässerung und der Bodenkultur zurückgeführt werden dürfen, sondern daß einige von ihnen die letzten Reste eines besseren Zustandes sind, der in der Diluvialzeit über die ganze Sahara hin geherrscht hatte. Zu den Beweisen für ein feuchteres Klima der *Sahara* in der Quartärzeit gehören die Thäler und manche Bergformen, Kalktuffbildungen, Höhlen mit Stalagmiten, Blätter immergrüner Eichen im Kalktuff der Oase Chargeh, sowie das Vorkommen quartärer und rezenter Süßwassermollusken in Trockenbetten der algerischen Sahara. Alles dies spricht dafür, daß die Pflanzen und Tiere, die wir heute im Norden und Süden der Sahara finden, damals über die ganze Fläche verbreitet waren. Deutliche Beweise sind auch noch einzelne lebende Reste,

wie z. B. die Krokodile der wasserarmen Tümpel und Flüsse von Ahaggar. Nicht minder deutlich sprechen für die Bewohntheit der Wüste durch Menschen behauene Feuersteingeräte, die in Masse zwischen dem Atlas und Ahaggar und von Zittel auch in der Libyschen Wüste zwischen Dachel und Regenfeld, später von Rolland bei Ogla el Hassi unter 60 m mächtigen Travertinschichten gefunden wurden.

Für die westlicher gelegenen Teile der Sahara, die an Tripolitanien, Tunesien und Algerien südlich angrenzen, haben die Studien der Franzosen die alte Ausbreitung des Süßwassers in Form von Seen und Flüssen über weite Flächen nachgewiesen, die heute Sandwüste oder Salzsee sind. Das große Werk über die Aufnahmen für die Sahara-Eisenbahn bezeichnet diesen ganzen großen Teil der Sahara als eine flache Schale aus Kreidegesteinen, gefüllt mit „atterrissements sahariques“, Süßwasserbildungen pliocänen und quartären Alters, die stellenweise 300 m erreichen und vielleicht 200,000 qkm bedecken. Bei Brunnenbohrungen sind diese Ablagerungen oft durchsunken worden und haben an manchen Stellen nicht bloß in Sanden und Thonen, sondern auch in Süßwassermuscheln Beweise für ein einst niederschlagsreicheres Klima geliefert. Gerade in der Quartärzeit sind durch die vom Atlassystem herabstürzenden Flüsse tiefe Thäler in die pliocänen Ablagerungen gehöhlt worden. Die Sahara war also in ihren nördlichen Teilen bewässert, trug Pflanzenwuchs und war von Menschen bewohnt. Der von dem Mangel sudanesischer Formen in der mediterranen Molluskenfauna hergenommene Grund gegen ein besser bewässertes und bewachsenes Nordafrika der Quartärzeit spricht nicht gegen unsere Annahme. Niemand wird an das völlige Verschwinden eines Wüstengürtels zwischen den Tropen und der gemäßigten Zone glauben. Wir behaupten nur seine Verschiebung nach Süden, wodurch bewohnbarer Raum im Norden Afrikas gewonnen wurde. Wir sind auch bereit, den Mangel der Wasserformen des Bodens für die zentrale Sahara für möglich zu halten, nicht aber für die nördliche, z. B. nicht für die Libysche Wüste.

Man muß also annehmen, daß die Lage derartiger Länder südlich und südöstlich von Europa nicht ohne Einfluß auf die Entwickelung der Bevölkerung Europas bleiben konnte, und es ist die Möglichkeit nicht abzuweisen, daß bis in die vorgeschichtlichen Anfänge der Kulturentwickelung im Euphrat-Tigrisland und benachbarten Gebieten diese günstigeren Bewässerungsverhältnisse heilsam gewirkt haben, so daß dann der Niedergang dieser Kulturen zum Teil auch als eine Folge klimatischer Änderungen zu deuten ist. Gerade das Sinken des Wasserspiegels kann für diesen Niedergang als Ursache wohl mit angeführt werden.

Das Wasser und das Leben.

Ohne Wasser ist keine Lebensthätigkeit möglich. Wasser ist für das Leben nicht bloß eine äußere Bedingung, sondern eine innere stoffliche Notwendigkeit, denn es ist der Masse nach der Hauptbestandteil des Protoplasmas und herrscht im Zellwasser wie im Blute vor. Wir kennen sogar wasserhelle gallertartige Seetiere, wie Quallen, Siphonophoren u. a., die höchstens zu drei Prozent aus Trockensubstanz bestehen (s. die Abbildungen, S. 31 und 34). Für Pflanzen, Tiere und Menschen ist wasserlose Ernährung unmöglich. Ohne Wasser kann ebensowenig die Pflanze Kohlensäure aufnehmen, wie die Lungenatmung der Tiere möglich ist; auch alle Organe bewegen sich nur mit Hilfe der inneren Feuchtigkeit. Ja für zahllose Pflanzen und Tiere ist ein Leben sogar nur im Wasser, sei es Salz- oder Süßwasser, denkbar. Wir erinnern nur an die Mehrzahl der niederen Tiere, an alle Fische, Amphibien, Algen, Tange, Schwimmpflanzen und Sumpfmoose, bei welchen eine Menge von organischen Einrichtungen ausschließlich dem Wasserleben dient. Diese Einrichtungen zur Aufnahme, Abgabe und zum Umlauf der Lebensfeuchtigkeit sind in der mannigfaltigsten Ausbildung zu finden. Die Erdgeschichte macht es sehr wahrscheinlich, daß alles organische Leben aus dem Wasser hervorgegangen ist; dies sei hier nur angedeutet. Aus diesem Gesichtspunkt betrachtet, würden alle diese Einrichtungen als die Reste eines Zustandes anzusehen sein, in dem das Leben viel enger mit der Hydrosphäre verbunden war. Die Luftatmung, zu der die verschiedensten Lebensformen auf ganz verschiedenen

Wegen sich entwickelt haben, hat nur scheinbar die meisten Pflanzen und die höheren Tiere von dieser Abhängigkeit befreit; in Wirklichkeit steht weder der Geo- noch Atmosphäre das Leben so nahe wie der Hydrosphäre.

Die Wirkungen des Lebens auf das Wasser haben wir zum Teil schon eingehend betrachtet; die Korallenriffe und Moore sind im ersten Band, S. 327 und 509, behandelt worden, den Meeres- und Seeboden werden wir kennen lernen. Es darf aber auch nicht vergessen werden, daß im Waldland ein Viertel des Regens von den Kronen der Bäume aufgefangen wird und die Moosdecke ein Mehrfaches ihres Gewichtes an Wasser aufsaugt. Das Regenwasser gelangt also nur zum Teil in den Boden. Dort wird von dem organischen Fasergeflecht wiederum ein Teil festgehalten, so daß der kleine bis zu einer Gesteinsgrundlage durchsickernde Rest keine bedeutende, abspülende Wirkung mehr ausüben kann. So hemmt also der Pflanzenwuchs das Eindringen des Wassers in den Boden. An dieses Wasser ist nun wieder die Pflanze in ihren Lebensbedingungen gebunden, sie muß es durch ihre Gefäße aus dem Boden aufsaugen und behält es einige Zeit, bis sie es durch die Spaltöffnungen ihrer Haut wieder abgibt. Die lebenden Pflanzen heben also das Wasser aus dem Boden heraus, und ihre Decke erzeugt dadurch den trockensten Boden. Der Wassergehalt ist größer auf unbewachsenem Boden, und am größten ist er unter einer Decke von Streu. So steht also der Hemmung des Wassereindringens in den Boden auf der einen die kräftige Herausbeförderung desselben auf der anderen Seite als Funktion des Pflanzenlebens gegenüber.

a b

Medusen: a Lizzia Koellikeri, nat. Größe; b Tima flavilabris, 1/2 nat. Größe. Nach Brehm. Vgl. Text, S. 30.

Die erste Eigenschaft, die das Wasser als Lebensgebiet zeigt, ist die *Tiefe*, die es der Lebensentwickelung bietet. Das Leben am Lande ist immer nur ein Überzug des Bodens, über den wenige Lebewesen sich erheben. Auch die fliegenden Tiere finden ihre Nahrung großenteils am Boden und benutzen ihre Flügel nur, um von einem Punkte desselben zum anderen zu gelangen. Im Meere und in den Seen ist es ganz anders, da haben wir nicht bloß eine belebte Oberfläche wie am Lande, sondern davon grundverschieden ein Leben in der Tiefe. Und wir können als eine dritte Lebensfläche die Küste und den Küstenabfall, das Litoral, hinzufügen, als eine Meeresrandzone von etwa 200 m Tiefe, in der das Leben zwar nicht so eigenartig ist wie das der Oberfläche, das pelagische, und der Tiefsee, das abyssische, aber doch einen großen Reichtum der Formen unter entsprechend mannigfaltigen Bedingungen aufweist. Von der unteren Grenze des pelagischen und litoralen Lebens an, die bei 200—250 Faden Tiefe zu legen ist, herrscht eine große Lebensarmut. Die Formen sind hier schon Tiefseeformen, doch ist diese mächtige Region wenig bekannt. Räumlich liegt sie unter, wie die Luft über dem Leben des Landes.

Alexander Agassiz' Beobachtungen, daß zwischen dieser von ihm festgestellten unteren Grenze des pelagischen Lebensbezirks und dem Meeresboden oder abyssalen Bezirk eine von tierischem Leben fast entblößte mächtige Wasserschicht liege, haben sich nicht bestätigt. Es gibt Hochseeformen, die, periodisch durch Licht- und Wärmewechsel angeregt, in große Tiefen steigen, andere, die ebensowohl höhere als tiefere Schichten bewohnen, und endlich eine, wenn auch arme, pelagische Lebewelt, die nie oder selten an der Oberfläche erscheint.

Wir haben die geringen Unterschiede der Wärme und der stofflichen Zusammensetzung des Wassers kennen gelernt. Sie sind verschwindend im Vergleich mit denen des Bodens und der Luft. Auch die Bewegungen des Wassers sind in den Seen und im Meere unterhalb der oberflächlichsten Schichten kaum merklich. In dieser gleichmäßigen und ruhigen Umgebung haben sich alte und uralte Formen erhalten. Ist doch der Meeresboden von allen Teilen der Erde am wenigsten Veränderungen ausgesetzt. Die in den Meeren der Vorwelt so reich entwickelten Haarsterne (s. die nebenstehende Abbildung) haben die zahlreichsten Vertreter heute im Tiefwasser von 100—2500 Faden. Die in den ältesten fossilführenden Schichten häufigen Brachiopoden (s. die obere Abbildung auf S. 33) sind deshalb heute noch hauptsächlich Tiefseebewohner, die Eryoniden, Krebse des Jura, finden in der Tiefsee ihre Verwandten.

Ist es eine Wirkung desselben Schutzes, wenn die Repräsentanten einiger in allen Tiefen des Meeres vertretenen Gruppen gerade als Tiefseeformen so große Dimensionen annehmen wie Bathynomus, eine Assel von 23 cm, Colossendeis, ein Pycnogonide von 70 cm Spannweite, Gnathophausia, ein Riese unter den Schizopoden (25 cm)? Eine Besonderheit des Tier- und Pflanzenlebens im Meere ist auch sonst die verhältnismäßig große Zahl von mächtig ausgebildeten Arten. Die größten Walfische, die 20 m erreichen, sind überhaupt die größten Säugetiere der Gegenwart. Mondfische, Orthagoriscus Mola, von 300 kg werden auf der hohen See gefangen. Tintenfische von einer Größe, die man früher für fabelhaft hielt, sind thatsächlich gefunden, und darunter Formen, wie Ommatostrephiden, von 12 m Durchmesser sind beobachtet worden. In der Grönlandsee und an Spitzbergens Küste hat man Riesentange gefunden, die 150 m in die Tiefe reichen.

Wurzelhaarstern (Rhisocrinus loffotensis). 1½ nat. Gr. Nach Brehm. Vgl. obenstehenden Text.

Die ungeheuere Individuenmenge einzelner beschränkter Arten ist das äußerlich hervortretendste Merkmal der pelagischen Lebewelt. Man muß den Gegensatz der pelagischen und Tiefseeformen gleicher Gruppen festhalten, um dieses Merkmal in seiner vollen Bedeutung zu verstehen. So sind 98 Prozent, vielleicht sogar 99 Prozent, der lebenden Foraminiferen Tiefseewesen, die nicht schwimmen, sondern auf dem Sand- und Schlammboden der Tiefsee wohnen. Nur 8—9 Gattungen leben an der Oberfläche des Meeres, treten aber in solchen Massen dort auf, daß sie für das Tierleben des Ozeans

in weiten Gebieten bestimmend werden. Die kleine Schnecke Clio (s. die untere Abbildung) ist dort so zahlreich, daß sie dem Walfisch zur Nahrung dient. Den Massenentwickelungen scheinen die kalten Meere günstiger zu sein als die warmen. Von Radiolarien kommen die größten Massenanhäufungen bei beschränktem Formenreichtum in den kalten, dagegen die größte Entwickelung verschiedenster Formen in den warmen Meeren vor.

Alle Formen der Tier- und Pflanzenwelt sind ihrer Umgebung angepaßt. Die Anpassungen an das Wasser bezwecken nun zunächst die Bewegung in oder mit dem Wasser und den Widerstand gegen das bewegte Wasser. Tieren, die festwachsen, oder sich an Felsen ansaugen, wobei sie zugleich durch einen festen Deckel gegen das Zertrümmertwerden geschützt sind, wie Patella, stehen die zahllosen frei sich mit Ruder-, Steuer- und Segelorganen bewegenden gegenüber. Der typische Fisch mit seinem keilförmigen, biegsamen, glatten Körper mit Seiten- und Schwanzflossen ist ein vollendeter Mechanismus zum Zerteilen des Wassers. Luftblasen, die das Verweilen der Tiere an der Oberfläche des Wassers oder in geringen Tiefen ermöglichen, kommen bei den Fischen und bei den Blasenquallen, selbst bei Rhizopoden (Arcella), als Schwimmblasen vor. Unsere Süßwasserschnecken sieht man an der Oberfläche des Wassers schwimmen, nachdem sie sich mit Luft gefüllt haben. Ferner treffen wir Segelvorrichtungen an, die besonders den Larvenformen von Hochseetieren die Bewegungsfähigkeit verleihen.

Brachiopode der Tiefsee (Lingula pyramidata). Natürl. Größe. Nach Brehm. Vgl. Text, S. 32.

So wie das Wasser an der Erdoberfläche in den zwei verschiedenen Formen des salzigen und des süßen Wassers vorkommt, gibt es ein Leben des Salzwassers und ein Leben des Süßwassers. Und wie das Salzwasser einen um so vielfach größeren Raum einnimmt als das Süßwasser, ist auch das Leben im Salzwasser unvergleichlich viel reicher als das Leben im Süßwasser. Eine einzige Klasse des Tierreiches, die der Amphibien, bewohnt nur das Süßwasser. Dagegen gehört der ganze Typus der Echinodermen und fast alle Cölenteraten und die Schwämme nur dem Salzwasser an. Die Cephalopoden, Brachiopoden, Tunikaten, Sipunkuliden, polychäten Anneliden sind Meerestiere, ebenso die überwiegende Mehrzahl der Weichtiere, Kruster und Moostierchen (Bryozoen). Der experimentelle Nachweis, daß Salzwasser endosmotisch in den lebendigen Körper aufgenommen wird, erklärt viele Unterschiede in der Anpassung wasserlebender Tiere an ihr Medium. Die Haut von Fischen und Reptilien setzt dem Eindringen des Salzwassers mehr Widerstand entgegen als die Haut von Cölenteraten. Die Qualle stirbt daher fast sofort in Berührung mit dem Süßwasser, das Krokodil dagegen lebt im Salz- und Süßwasser gleich gut. Aber ähnlich wie bei der Wärmeanpassung stößt man auch bei der Frage der Einwirkung des Salzgehaltes des Wassers auf die Lebensformen auf innere Unterschiede, deren Natur dunkel ist. Warum ist der zartgebaute Polyp Cordylophora lacustris, der früher nur in Ästuarien und anderen Brackwassern lebte,

Clio flavescens. Etwas vergr. Nach Brehm. Vgl. obenstehenden Text.

um die Mitte unseres Jahrhunderts in die Flüsse Europas eingewandert? Man kennt seine Wanderung elbaufwärts in die Alster und sogar in die Röhren der Hamburger Wasserleitung.

Auch der Lachs, der Aal, die Scholle und andere Wanderfische gehen periodisch vom Salzwasser ins Süßwasser. Ein Rochen ist im Inneren von Ostafrika gefunden, und in dem süßen Lago d'Acqua bei Padua züchtet man seit langem die Seefische Labrax und Mugil. Auch die Mysis vulgaris, ein Krebs der Ostsee, wird in fast salzfreien Tümpeln gefunden, und die jetzt bald in allen unseren größeren Flüssen und Kanälen verbreitete Dreyssena polymorpha gehört ursprünglich dem Kaspisee an und ist durch Flüsse und Kanäle bis Halle, Heilbronn und Basel gewandert. Auch eine kleine Meduse ist in fast ausgesüßten Tümpeln von Trinidad gefunden worden. Die Meeressäugetiere scheinen alle gelegentlich ins Süßwasser zu gehen. So hat man bei

Phyllirhoe bucephala. Nach Brehm. Vgl. Text, S. 30.

London einen 10 m langen Walfisch, einen Delphin bei Bonn gefangen. Im Irawaddi lebt 1000 km von der Mündung ein Delphin von derselben Gattung Globiocephalus, die dem Indischen Ozean angehört, und Semper hat eine Seeschlange mit Ruderschwanz, wie sie sonst nur in den tropischen Meeren vorkommt, im Süßwassersee Taal auf Luzon gefunden, und in demselben See kommen noch andere Meerestiere in Gesellschaft von echten Süßwassertieren vor. In der Kiemenhöhle des Süßwasserkrebses Palemon, der einzigen süßwasserbewohnenden Gattung einer Meeresfamilie, wohnt ein Schmarotzerkrebs Bopyrus, die einzige Süßwasserart ihrer Salzwasser bewohnenden Familie. Austern und Bohrmuscheln gehen ebenfalls in Süßwasser über. Weitere Beispiele wird uns die Betrachtung der Reliktenseen im Seenabschnitt bringen. Für manche dieser Doppelbewohner regelt sich die Ausbreitung in beiden Gebieten nach den Eigenschaften des einen oder des anderen. So ist wahrscheinlich, daß das vielbesprochene Fehlen des Aales im Donaugebiet damit zusammenhängt, daß das Schwarze Meer in der Tiefe, wo die Aalbrut heranwächst, wegen des großen Schwefelwasserstoffgehaltes unbewohnbar ist.

So wenig in der Regel der plötzliche Übergang aus Salzwasser in Süßwasser von den Tieren ertragen wird, so leicht gewöhnen sich viele Salzwasserbewohner an den allmählichen Übergang

durch langsame Aussüßung ihres Wassers. Kennel beobachtete auf Trinidad in dem Ortoirefluß, in den die Flutwelle eindringt, eine auffallend große Anzahl von Meerestieren, Seekrebse, Borkenwürmer, Miesmuscheln, die in dem fast süßwasserigen Zwischengebiet leben, wo die Flutwelle den Fluß zweimal täglich zum Stehen bringt. Erwachsene Austern leben im Süßwasser weiter, während die schwärmenden jungen Tiere nur im Salzwasser fortzukommen scheinen. Umgekehrt gibt es nicht wenig Tiere, die aus dem Süßwasser ins salzige Wasser übergegangen sind. Frösche laichen in der Ostsee bei Greifswald. Wasserkäfer, Wasserspinnen, Wasserwanzen, Fliegenlarven, deren nächste Verwandte dem Süßwasser angehören, bewohnen in einigen Formen auch das Meer. Es kommen Schnecken von den Süßwassergattungen Planorbis und Limnaea im Meer vor, ebenso Würmer aus der Süßwasserordnung der Oligochäten. Die Neritina fluviatilis unserer Flüsse und Seen hat man in der Ostsee.

Der Übergang von einem Wasser in das andere bringt oft beträchtliche körperliche Veränderungen hervor. In Lagunen, die Süßwasserzuflüsse haben, nimmt das Leben Formen an, die an die der halbsalzigen Meere erinnern. So sind viele Tiere im Etang de Berre (Berre du Rhône) in Größe reduziert, besonders Krustentiere und Würmer. Seeigel wandern als Larven von der hohen See ein und erreichen nur ein Drittel ihrer normalen Größe. Aber auch experimentell ist es gelungen, im Wasser durch größere oder kleinere Salzzuthaten differenzierte Formen, die früher von den Zoologen als weit verschiedene Arten beschrieben worden waren, aus einem und demselben Stammtier zu züchten.

Der Mensch und das Wasser.

Auch der Mensch ist durchaus an das Wasser gebunden. Die dichtesten Bevölkerungen und die größten Städte liegen am Wasser. In vollkommen wasserlosen Ländern kann er nicht dauernd leben, die eigentlichen Wüsten schließen nicht ganz das Pflanzen- und Tierleben, wohl aber das Dasein des Menschen aus, doch sobald mitten in der Wüste eine Quelle emporsteigt, ist ihm die Lebensmöglichkeit gegeben. Es genügt sogar, wenn der Sand so viel Feuchtigkeit besitzt, daß man durch Röhren mit Anstrengung der Lungen sie noch herausziehen kann. Unter solchen Umständen ist nicht der Boden, sondern das darin aufgespeicherte Wasser der Reichtum eines Landes, denn das Wasser verleiht dem Boden erst Wert. So ist es überall, wo *künstliche Bewässerung* notwendig ist. Ägypten ist eines der reichsten Länder der Welt, aber ohne Nil gäbe es kein Ägypten, und insonderheit ohne den Blauen Nil wäre Ägypten nicht so fruchtbar. In der Ebene südlich von Granada liegt eine heiße und trockene Landschaft vor einem Schneegebirge, das das Land bewässert und fruchtbringenden Acker- oder Gartenbau unter fast tropischen Bedingungen entwickelt. Daher steigen Fruchtbarkeit und Volkszahl in allen trockenen Ländern, sobald wir uns den Wasserspendern nähern, und mit ihnen wird inniger bei geist- und gemütbegabten Völkern der Dank für das Wasser als lebenspendendes Element, der sich bis zur Heiligung der Ströme und Quellen erhebt.

Auf den allerverschiedensten Wegen wird die befruchtende Feuchtigkeit über das Land hingeleitet. Gehen wir von Europa aus, so findet am unteren Ebro Bewässerung statt, indem man das im Schutt und Sand versunkene Wasser aus Gruben mit Schöpfrädern (Norias) hebt und über die Äcker fließen läßt. Am mittleren Nil wird das Flußwasser mit Schöpfhebeln für die Bewässerung des trockenen Uferlandes emporgehoben (s. die Abbildung, S. 36). In den Vegas von Granada führt man die Gebirgsabflüsse über das Land, in Unterägypten den Überschuß der tropischen Sommerregen, in den Oasen Nordafrikas verwertet man die Quellen oder schafft neue

durch Bohrung artesischer Brunnen, und in vielen Gegenden dienen Zisternen als Reservoirs des Regenüberschusses für Bewässerung in der trockenen Zeit. In Australien dämmte man Seen, in Südwestafrika Flüsse zu mächtigen Wasserbehältern auf. Besonders häufig ist aber die Zerteilung der Flüsse, die man auseinanderfasert, bis sie nicht mehr die Kraft haben, ihre Mündung zu erreichen. Bei ihnen kommt nun natürlich das Niveau in Frage, denn mit ihm steigt und sinkt die Ergiebigkeit der Felder. Daher teilten schon die alten Ägypter das Land, das überschwemmt werden

Schöpfhebel am mittleren Nil. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 35.

konnte, in übereinanderliegende horizontale Streifen, die der Nil beim Steigen Stufe für Stufe bewässerte und wieder verließ. Bewässerungskanäle, die erlauben, das Wasser das ganze Jahr zu benutzen, sind erst später angelegt worden. Wir werden sehen, wie der Nil, indem er sein Bett vertiefte, das Kulturniveau von ganz Oberägypten im Laufe von Jahrtausenden erniedrigte. Seit 1890 sind alle Bewässerungskanäle in Ägypten in den Besitz des Staates übergegangen, dessen Organe über die möglichst gerechte Verteilung des Wassers wachen; ausdrücklich ist vorbehalten, den Kanal, der für das Land, das er bewässern soll, nicht groß genug ist, auf Kosten anderen Landes zu vergrößern, um mit der Zeit eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Wassers über das durstige Land herbeizuführen. Auch die Bewohner des trockenen Andenhochlandes des

Ufervegetation am unteren Cuanany im Amazonasgebiet.

Nach Photographie von Huber.

voreuropäischen Amerika kannten den Wert des Wassers für den Ackerbau und hatten Wasserleitungssysteme ausgebildet, deren Reste uns heute noch mit Bewunderung erfüllen müssen.

Doch die Arbeit, die das Wasser zur Hebung und Schöpfung des Ackerbaues leistet, ist nur ein Teil des Nutzens, den der Mensch aus dieser natürlichen Hilfsquelle zieht. Den Einfluß einer reichen und vielgegliederten Bewässerung erfuhren auch in manch anderer Weise z. B. die dem Ackerbau zum Teil noch fremden voreuropäischen Bewohner des mit Flüssen und Seen reich gesegneten Nordostens der Vereinigten Staaten von Amerika. Diesen frommte der Fischreichtum, das Tierleben der dichten Uferwälder, die ausgedehnten Biberkolonien der Seen, der Verkehr auf und an den Flüssen und Seen, die für Siedelungen wohlgelegenen Plätze; Cartier fand bereits Indianerdörfer an der Mündung des Saguenay in den Sankt Lorenz und an den Stellen, wo heute Quebek und Montreal stehen. Auch die niedrigen Wasserscheiden, bezeichnend für ein schuttreiches Glazialgebiet, begünstigten das Leben der Indianer in diesem Gebiete, da sie den Verkehr nicht erschwerten. Von den fetten Niederungen hatte ihr schwacher Ackerbau noch wenig Gebrauch gemacht, weil die Flüsse und Seen ihnen leichter zu gewinnenden Lebensunterhalt boten. Dagegen ist ohne Zweifel manche dichtere Ansiedelung der Indianer durch den Fischreichtum der Seen begünstigt worden. In der Kolonialgeschichte zeigt besonders das frühe Vordringen der Franzosen am Sankt Lorenz und in das Seengebiet und von da ins Mississippithal den Einfluß des Wassers. Cartier stand schon 1534 auf der Stelle des heutigen Montreal, und selbst Detroit gründeten die Franzosen schon 1701, 15 Jahre ehe die Engländer auf dem Landweg die Alleghanies überschritten. Auch die alten, vom Wasser verlassenen Rinnen, die Trockenthäler (Bd. I, S. 586), spielten eine große Rolle im alten Verkehr der Indianer und kommen ebenso im neuen Eisenbahnverkehr sehr zur Geltung. Ein solch alter Fluß ist es, in dem die Indianer aus dem Mississippi in den Michigansee fuhren, und der seitdem ein wichtiges Verbindungsglied zwischen Mississippi und Sankt Lorenz geworden ist.

Wolgafischer beim Netzflicken. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 38.

Der Kampf mit dem Wasser ist einer der großartigsten, die der Mensch gegen die Natur durchzufechten hat. Er verbündet sich mit dem Boden, den er fest unter seinen Füßen wissen will, gegen das Wasser, das denselben aufzulösen, aufzulockern, wegzuführen strebt; aber der Boden ist nur ein passiver Bundesgenosse. Selbst das mächtige Hochgebirge wankt unter des Wassers Gewalt, und wir wollen es halten. „Der mächtige Alpenkörper will sich nach und nach verflachen zur einförmigen Hochebene, und wir Menschen wollen das verhindern und müssen es verhindern, wollen wir nicht für Jahrtausende aus unserem Lande zum Teil weichen.“ (Albert

Heim.) Der Kampf mit der Natur ist grundverschieden und hat grundverschiedene Ergebnisse, je nachdem er auf dem Land oder auf dem großen Wasser geführt wird. Das Land unterwirft sich der Ackerbauer endlich doch einmal. Selbst der Kampf mit dem Urwald schuf ein Feld, das mit geringer Mühe zum Nutzen des Menschen erhalten werden konnte. Der eingedämmte Fluß geht gelehrig dahin, der aufgestaute See gibt gleichsam Tropfen für Tropfen ab, die Flußschiffahrt und -fischerei zwingt nur kleine Teile einer Bevölkerung in den Dienst des Wassers (s. die Abbildung, S. 37). Aber das Meer wird niemals gänzlich unterworfen. Der Kampf mit dem Meer ist mit einer weit stärkeren Naturgewalt auszufechten als mit dem Boden. Das Meer kann in seinem Verhältnis zum Menschen gar nicht mit dem Lande verglichen werden; es ist überhaupt die reinste Natur, mit der der Mensch in Berührung kommt. Daher hat auch das Ringen der Seevölker um die große geschichtliche Stellung und die entscheidende Rolle in der Seebeherrschung die größten kulturlichen Ergebnisse gebracht. Darin liegt auch die große Kraft des weiten Wassers, die Phantasie der Menschen anzuregen, wie sie sich selbst in der Vorstellung der Weltschöpfung als eine Geburt aus dem Wasser bekundet. Wenn wir den tieferen Sinn der Worte „Sich anpassen", „Sich einleben" als Harmonie des Geschöpfes mit der Mutter Erde deuten, so ist dies „Sich hineinfinden" des Menschen in die Natur des Meeres die größte aller Harmonien der Schöpfung. Es ist ein Hauptteil der Geschichte der Menschheit, ob wir sie nun von der wirtschaftlichen, politischen oder geistigen Seite betrachten.

---

3. Das Wasser der Seen und Flüsse.

Die Zusammensetzung des Wassers der Seen und Flüsse.

Da vom Gasgehalt des Seenwassers dessen Lösungskraft für wichtige feste Bestandteile mit abhängt, betrachten wir zuerst die Gase im Fluß- und Seenwasser. Die Oberfläche des Sees nimmt aus der Luft Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure auf, und zwar verschiedene Mengen, je nach dem Druck und der Wärme. An manchen Stellen bringen Quellen aus der Erde heraus Gase mit, besonders Kohlensäure; aber ein „kohlensaurer Bach", wie die Fontaine qui bouille des Felsengebirges von Colorado, ist eine vereinzelte Erscheinung. Kaltes Wasser nimmt mehr Gase auf als warmes, und Wasser unter hohem Druck mehr als unter niederem; ein Tieflandsee ist also unter sonst gleichen Verhältnissen gasreicher als ein Hochlandsee. Die Temperaturänderungen üben indessen einen viel größeren Einfluß auf den Gasgehalt des Wassers als die Änderungen des Luftdrucks. Das Wasser der Seenoberfläche ist mit Luft gesättigt, bei Übersättigung gibt es Gase an die Luft ab, im anderen Fall nimmt es sie bis zur Sättigung auf. Lebensprozesse führen dem Wasser des Sees im allgemeinen einen Überschuß von Kohlensäure zu, nur in sehr pflanzenreichen Seen entsteht, soweit die Belichtung reicht, ein vorübergehender Sauerstoffüberschuß. In den Tiefen der Seen könnte vermöge des hohen Druckes ein viel größerer Gasgehalt sich behaupten als an der Oberfläche, aber die Gaserzeugung der organischen Prozesse ist dort zu gering, um einen beträchtlichen Überschuß zu schaffen. Es entsteht höchstens eine etwas größere Menge von Kohlensäure. Ammoniak und Kohlenwasserstoff gehen sehr rasch aus dem Wasser in die Luft über. Honsell erwähnt vom Rheindelta

des Bodensees „bei windstillem Wetter auffallend häufiges Aufsteigen von Gasen aus dem seichten Seegrunde, offenbar verursacht durch verwesende organische Stoffe, die von einer Schicht feinen Sandes bedeckt sind. Letzterer zeigt bei stillem, klarem See zahlreiche kleine kraterähnliche Öffnungen, aus welchen die Blasen intermittierend aufsteigen."

Die Flüsse und Abflußseen empfangen in den Niederschlägen reines, mit atmosphärischen Gasen leicht versetztes Wasser und aus Quellen und Flüssen Wasser, das lösliche und schwebende Bestandteile sowie verschiedene Gase enthält. Im See werden schwebende Bestandteile sowie gelöste Salze niedergeschlagen; dieses Schicksal erfahren besonders der kohlensaure Kalk und das Eisenoxyd, die daher oft in den Niederschlägen des Seebodens reichlich vertreten sind. In sehr geringem Maße werden auch feste Stoffe der Ufer und Böschungen vom See aufgelöst, der infolgedessen ein Wasser von verschiedener Zusammensetzung enthält. Solange der Abfluß dem Zufluß im allgemeinen entspricht, bleibt auch die Zusammensetzung des Seewassers dieselbe. Wird aber der Abfluß gehemmt, so wird nur noch die Verdunstung Wasser aus dem See entführen, die Salze werden im See zurückbleiben und sich durch die Zuflüsse vermehren; so entsteht der Salzgehalt der abflußlosen Seen, der oft weit den des Meerwassers übertrifft. In den Abflußseen herrschen dieselben kohlensauren Salze vor, die wir auch in den Flüssen finden, deren Menge von der Zusammensetzung der Gesteine abhängt, über welche die Zuflüsse sich ihren Weg schaffen, und ferner von dem Kohlensäuregehalt des Wassers. In den Schweizer Seen schwankt der Gehalt an Kohlensäure von 0,016 im Liter im Langensee bis 0,985 im Murtener See und ebenso der Gehalt an kohlensaurem Kalk von 0,035 in jenem bis 0,224 in diesem. Nach Delebecques Messungen findet in Seen, wo andere Dichteunterschiede zurücktreten, eine Schichtung des Seewassers nach dem Salzgehalt statt. Er fand im Lac de la Girotte an der Oberfläche 69, in 95 m Tiefe 521 mg Salze. Wie weit an dieser Schichtung das auf die Oberfläche fallende salzlose Wasser des Regens, Schnees und Nebels beteiligt ist, bleibt nachzuweisen.

Der Gehalt des Flußwassers an gelösten Stoffen ist, wie wir gesehen haben (s. Bd. I, S. 534 über die Auflösungsthätigkeit fließenden Wassers), großen Schwankungen unterworfen. Das gilt ebensowohl von der Menge solcher Stoffe als von ihrer Mischung. Nur bei kleineren Flußsystemen kommt es vor, daß sie in ihrer ganzen Ausdehnung in demselben Gesteine liegen, so fließt die Dreisam im Gneis, die Wehra fast ganz im Granit des Schwarzwaldes. Schon mittlere Flüsse bespülen ganz verschiedene Gesteine, und auch wenn sie aus denselben Formationen kommen, zeigen sie doch leichte Unterschiede. So hat z. B. die Isar ein etwas weniger kalkreiches Wasser als ihre Zuflüsse Loisach und Amper; in der Isar nimmt aber der Kalkgehalt flußabwärts um etwas zu.

Da die Zusammensetzung des süßen Wassers im allgemeinen nur unmerklich schwankt, bewirkt die Temperaturverteilung fast allein die Gewichtsunterschiede, nach denen sich das Wasser der Seen schichtet, wobei die leitende Thatsache ist, daß dieses Wasser seine größte Dichte bei 4° erreicht. Daher findet man überall die Temperatur in der Tiefe der Seen etwas gesteigert durch die Zersetzungswärme der am Grunde modernden Organismen und durch die Erdwärme; also einige Dezimalen über 4°. Wir haben über diese zuerst von Simony nachgewiesene kleine Wärmezunahme in den tiefsten Schichten von Binnenseen im ersten Band, S. 112, gesprochen. Dem dort Gesagten möchten wir hinzufügen, daß ein so gründlicher Beobachter wie Ule in den Tiefen des Würmsees nur Spuren davon nachweisen konnte. In vulkanischen Seen kommen auffallende Wärmezunahmen nach unten vor, so in dem tiefen Kratersee des Kaskadengebirges von Südoregon, wo man 4° bei 170 m und 8° in größeren Tiefen gemessen hat.

Der große Unterschied zwischen Meerwasser und Flußwasser liegt nicht bloß in dem Salzgehalt an sich, sondern darin, daß dort Chlorsalze, hier kohlensaure Salze vorwiegen. Am stärksten sind vertreten kohlensaurer Kalk und Gips, schwach dagegen kohlensaure Magnesia, noch schwächer Kochsalz. Kochsalz wird in die Flußmündungen durch die Gezeiten eingeführt. Der Amazonenstrom hat bei Flut noch 200 km über der Mündung bei Breves salziges Wasser, während anderseits bei Ebbe Süßwasser 75 Prozent der Oberfläche noch östlich vom Kap Magoari einnimmt. Kochsalz in größeren Mengen ist aber vor allem ein Kennzeichen der Steppenflüsse, die salzigen Boden auslaugen. Salzige Flüsse hat das westliche Argentinien, Nordwestindien, Zentralasien, und der Sudân; in Deutsch-Ostafrika gehört dazu der Wembere. Gierow fand den Lu auf der Grenze des Bangalalandes bei ½ m Tiefe und 50 m Breite salzig, angeblich infolge oberhalb liegender bedeutender Salzlager. Es deutet vielleicht auf Salzgehalt, wenn man bei so vielen Reisenden in Äquatorialafrika die Flüsse mit wohlschmeckendem Wasser besonders bezeichnet findet. Johnston nennt das Wasser des Kongo bei Vivi schwer trinkbar wegen des sandigen Niederschlages und weil es wie schwacher Thee schmecke.

Durchsichtigkeit und Wasserfarbe.

Kein Wasser ist vollkommen durchsichtig. Das Wasser an sich absorbiert Licht, und zwar bei steigender Temperatur mehr, und wo Schichten von verschiedener Temperatur übereinanderliegen, wird ein Teil des Lichtes gebrochen und zerstreut. Da aber das Wasser der Seen niemals frei ist von Schlammteilchen und kleinsten Lebewesen, kommt bei der Belichtung der Seen die Trübung durch hereingeschwemmte Schlammbestandteile mehr in Betracht als die physikalische Absorption. Der Niederschlag der Trübung geschieht im süßen Wasser langsam, jedes kleinste Schlammteilchen hält Licht ab, in die Tiefe zu dringen, und diese Trübung bildet so gleichsam eine Wolke oder einen Nebel, der die unmittelbare Beleuchtung der tieferen Wasserschichten hindert; etwas zerstreutes Licht findet durch diese Trübung hindurch immerhin seinen Weg in größere Tiefen. Im Bodensee hörte die Lichtempfindlichkeit photographischer Chlorsilberplatten im Sommer bei 30 m auf, im Winter bei 50 m, im Genfer See fand man noch schwache Lichtwirkungen auf Jod-Bromsilberplatten im März bei 240 m. Dies ist die äußerste Grenze, bis zu der bis jetzt in einem See das Licht des Tages verfolgt worden ist. Daß Forel mit Augen begabte Tiere in 300—400 m Tiefe des Genfer Sees gefunden hat, bedeutet nach den Ergebnissen der Tiefmeerforschungen (s. unten im Abschnitt „Das Meer") nicht, daß das Licht von diesen Tieren in solchen Tiefen empfunden wird. Man müßte erst nachweisen, daß sie niemals in geringeren Tiefen vorkommen oder vorkamen. Außerdem stellte derselbe Forscher das Vorkommen blinder Seebewohner, des Niphargus und das Asellus Foreli von 30 und 70 m abwärts fest. Ebenfalls im Genfer See beweist das Vorkommen des Hypnum Lemani in 60 m, daß die Licht erfordernde Chlorophyllbildung in dieser Tiefe noch möglich ist. Die Bestimmung der Sichtbarkeitsgrenzen weißer Scheiben von bestimmter Größe, nach der von Secchi zuerst im Mittelmeer angewendeten Methode, ergab im Genfer See 15,5 m im Januar, im Bodensee 6,7 m im Dezember und März, im Würmsee 5,4 m im Herbst. Die größten Tiefen der Sichtbarkeit, die bisher bestimmt worden sind, sind 16 m im Nyassa, 21,5 m im Genfer See, 21,6 m im Garda-, 33 m im Tahusee (Kalifornien). Im allgemeinen ist die Sichtbarkeitsgrenze 1/6—1/10 der Lichtgrenze.

In jedem See ist die Trübung am größten in der Nachbarschaft des Zuflusses oder der Zuflüsse und wird geringer gegen den Abfluß hin. Im Bodensee liegt die Grenze der

Durchsichtigkeit tiefer bei Konstanz als bei der Rheinmündung. Seen, die ihren Hauptzufluß aus anderen Seen empfangen, sind klarer als Seen, deren Zufluß nur Bäche und Flüsse besorgen. In den Gebirgen findet man Seen, die nur aus Quellen gespeist werden; sie zeichnen sich durch ihre große Klarheit ebenso wie durch ihre Kälte und ihr reines Grün aus. Mit der niedrigeren Temperatur hängt wohl auch zusammen, daß überhaupt Hochseen sich so oft durch besondere Klarheit auszeichnen. Auch der 1930 m hoch liegende Goktschasee wird wegen seiner hervorragenden Klarheit gerühmt; die Türken nennen ihn deswegen Kuktscha-Dari, d. h. dunkelblaues Wasser. Umgekehrt sind flachgelegene, seichte Seen trüb. Vom Wasser des Rikwasees fand Fülleborn selbst 1 cm dicke Schichten milchig trüb; hier spielt sicherlich auch das organische Leben herein, denn ausdrücklich wird betont, daß der See eine „unglaubliche Menge niederer Krebse" enthalte. Nordische Bäche und Seen danken ihre außerordentliche Klarheit neben dem geringen Lebensinhalt auch der schwachen Erosion ihres Wassers. Auch die Seen mit kleinem Einzugsgebiet haben durchsichtigeres Wasser als die zuflußreichen; so ermittelte Ule die Lichtgrenze im zuflußarmen Würmsee im Herbst zu 60 m, also 10 m tiefer als im Bodensee. In unserer Zone sind die Seen durchsichtiger im Winter als im Sommer, kleine Seen trüben sich nach jedem stärkeren Niederschlag, der die Zuflüsse trübt und verstärkt, und blaue Seen scheinen im allgemeinen durchsichtiger zu sein als grüne. Auch scheinen die klärenden Einflüsse des Herbstes energischer zu wirken als die trübenden des Frühlings.

Die genauen Untersuchungen von Lorenz von Liburnau im Hallstätter See zeigen den Gang der Durchsichtigkeit mit dem höchsten Grade vom November bis Februar; Mitte März kommt bereits der trübende Einfluß der Schneeschmelze, worauf mit den Niederschlägen des Frühjahrs und Sommers die Trübung Fortschritte macht, bis vom September ab Perioden größerer Klarheit eintreten. Die stärksten Trübungen folgen deutlich den größten Niederschlagsmengen.

Die blaue **Eigenfarbe** des reinen Wassers vom tiefen Indigoblau an kommt nur den durchsichtigsten oder tiefsten **Seen** zu; in der Regel erscheint es in Abtönungen von Blaugrün bis Grün. Wo der Grund noch heraufscheint, bringt weiße Unterlage Smaragdgrün, graue Bläulichgrün, gelbe Olivengrün hervor. Das weitverbreitete Grün der Seen führt auf die Beimengung von organischen Säuren, besonders Huminsäure, zurück; ihm ist, wenigstens in den tiefgelegenen Seen, die Zuflüsse aus vegetationsreichen Gebieten erhalten, wohl immer etwas Braun oder Gelb beigemengt. Am Würmsee beobachtete Ule, daß die grüne Farbe im Winter mehr ins Braune, im Sommer ins Gelbliche spielt. Ganz braune Seen findet man in Moor- und Waldgegenden, und die Ursache ihrer Färbung hat zuerst Wittstein in der aus der Zersetzung von Pflanzenbestandteilen hervorgegangenen Huminsäure erkannt, die sich mit den Alkalien des Seenwassers verbindet.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß das seltene tiefste Blau der Seen auf besondere Beimengungen zurückzuführen ist, wenn auch die Sage unbegründet ist, daß der blaue See des Snowdon kupferhaltig sei. Zu den blauesten Seen gehört der Gardasee. Bei den Untersuchungen über den Gardasee fand Garbini, daß das höchste Blau der Forelschen Farbenskala noch nicht blau genug war, um die Farbe des Gardasees genau zu bestimmen. Der größte tiefblaue See dürfte der Nyassa sein: „ein prachtvolles tiefes Blau, wo nicht einmündende Flüsse das Wasser trüben" (Fülleborn). Dieselbe Färbung zeigen viele Alpenseen: Achensee, Lüner See, Schwansee, der See von Annecy, viele Hochseen und tümpelartige Seen im Kalk, wie die Blaue Gumpe an der Zugspitze.

Ähnlich wie das Meerwasser stellenweise durch Mikroorganismen gefärbt ist, erteilen auch den Seen kleinste **Lebewesen** besondere Farbe. Algen treten an einzelnen Stellen der Oberfläche eines Sees gesellig mit grüner, brauner, violettrötlicher Farbe auf. Man nennt diese örtliche Farbenentwickelung das Blühen des Sees. Höhnel führte das auffallende Grün des

Hanningtonsees in Ostafrika auf staubkorngroße Algen zurück, und Stanley fand das Wasser des sehr salzreichen Katwesees zwischen dem Albert-Edward-See und dem Ruwensori purpurrot gefärbt. „Blutseen" der Alpen entstehen durch eine reiche Entwickelung von Euglena sanguinea in Regenlachen. Kleine Krebstierchen (Daphnien) sollen dagegen der Anlaß roter Färbungen sein, die der kleine See von Deus in Hessen bei regnerischem Wetter annimmt, und mit denen sich der Aberglaube viel beschäftigt hat. Auch in diesen Färbungen der Seen liegt eine Entwickelungsreihe von dem tiefblauen, lebensarmen, kalten Eissee vor der diluvialen Eiskante zum grünen, seichteren, vegetationsreichen Gewässer und weiter zum braunen See, der ganz von Torf umwachsen ist.

Neben der Eigenfarbe des Sees, die man am besten wahrnimmt, wenn man senkrecht neben einem beschattenden Gegenstand, z. B. neben der Schattenseite des Kahnes, auf die Seeoberfläche hinabschaut, wird im landschaftlichen Eindruck die Spiegelung wirksam, die für den von einer Anhöhe hereinschauenden Beobachter der Oberfläche des Sees die Farben des Himmels, aber selten das reine Blau, der Wolken und der Gegenstände am Ufer erteilt. Am häufigsten hat bei solcher Betrachtung der Wasserspiegel einen milden Silberglanz. Bei leichter Bewegung verwandelt sich die ganze Seeoberfläche in spiegelnde Wellen, und der See erglänzt golden oder silbern mit Farbenschimmern zwischen Smaragd und Purpur. Unter trübem Himmel liegt ein See schwärzlich, und manche „schwarze Seen" der Volkssprache und Dichtung verbildlichen diesen melancholischen Zustand. Dagegen sagt der Name des Sees Kara-kul im Mustag, daß der vom Wind reingefegte See-Eisspiegel schwarzblau aussieht, wenn der Schnee alles andere verhüllt. Die Ungleichheit in der Erwärmung und Bewegung der Luft ruft auf dem Spiegel des Sees einen Wechsel von glatten und bewegten Stellen hervor, jene spiegelnd, diese matt, und die matten Streifen und Flecke wandeln wie Wolkenschatten und verwandeln, sondern und verschmelzen sich. Auch einzelne Wolken legen neben hellbeleuchtete Abschnitte dunkle Flecke und Streifen. Am reichsten wird aber die Färbung und Beleuchtung des Sees beim Sonnenauf- und -untergang, denn da liegen große Stücke in grauer Dämmerung, deren Übergang ins Ufer unsichtbar ist, so daß sie sich ins Endlose zu erstrecken scheinen, während vom östlichen oder westlichen Gestade sich eine Flut von Farben zwischen Purpur und Grün über den See ausbreitet.

Auch die natürliche Farbe des Flußwassers ist das allem reinen Wasser eigene Blau. Nur selten freilich kann sich dieses und wohl nie ungemischt entfalten, denn in der Natur des Flusses liegt die mechanische Zumischung und chemische Auflösung der in seinem Laufe befindlichen festen Stoffe. Nur wo Wasser in eine Flußrinne gelangt, ohne vorher weite Wege über den Boden zurückzulegen, etwa unmittelbar aus einem Gletscher oder aus Firnfeldern herausschmelzend, bringt es eine grüne Farbe, die beim ungestörten Absatz aller gröberen Schwemmstoffe sich noch weiter klären mag. Ein großer Fluß, der beryllblau aus dem Gebirge herausbricht, wie der Isonzo, der noch bei Gradisca diese Farbe hat, ist eine Seltenheit. Auch der Rhein mit seinem Grün steht unter den Strömen Europas allein. Am ehesten ist mit ihm der Inn zu vergleichen. In der Regel sind bräunliche, gelbliche oder grauliche Trübungen zu bemerken. Auch die Farbe der Flüsse wird durch Spiegelung verändert. Die Donau, an sich braun und grau, wird zur blauen Donau beim Blick vom Kahlenberg herab unter blauem Himmel. Durchfließt ein Fluß ein Land von bestimmter Farbe, so nimmt diese auch der Fluß an. Afrika ist der rote Erdteil und der Erdteil der rötlichen Flüsse; der größte Strom Afrikas, der Kongo, ist selbst noch weit draußen im Meere rötlichbraun von dem Lateritboden, über den er fließt. Ein Seemann

schreibt in den „Annalen der Hydrographie", XVI: „Schon bei 3° südl. Breite und 7° östl. Länge begegnet man einer Strömung gelblich-schmutziggrünen Wassers, die lange Stromstreifen auf der Meeresoberfläche zeichnet. Die charakteristische Braunfärbung, welche sogar den Schaum braun erscheinen läßt, macht sich 160 Seemeilen nordnordwestlich von der Mündung bemerklich." Moorflüsse und tropische Urwaldflüsse sind durch organische Stoffe durchsichtig braun. So kommt in den Kongo das Wasser gelbbraun von Norden aus dem Walde der Ubangi, dunkelbraun von Süden aus der Savanne der Tschuapa. Namen, die schwarze Farben andeuten, vor allem der des Niger, des Senegal, bei den Mandingo Baſing, d. h. schwarz, genannt, sind nur auf das Dunkel des Wasserspiegels zu deuten. Die Trübung der Flüsse bei Hochwasser und der Stich ins Erdfarbene sind allgemein bekannt. Beim Nil erfolgen diese Veränderungen in bestimmter Reihe. Indem der Nil steigt, verwandelt sich seine Farbe, die zuerst grün war, in Graugrün, Grau und geht Anfang August dann in Braun über. Diese Farbenwechsel sind durch mikroskopische Pflänzchen bedingt. Lange fließen die verschiedenfarbigen Wässer nebeneinander, im Kongo die hellbraunen der Nord- und die dunkelbraunen der Südzuflüsse, in der Donau die graubraunen der Mittelgebirgs- und die bläulichen und grünlichen bis steingrauen der Alpenabflüsse. Der Uruguay kommt klarer aus seinem granitischen Land als der Paraná aus seinem Schutt- und Schwemmland, der dunkel und trübrot lange nach dem Zusammenfluß neben jenem herfließt.

Das Bestreben, den Farben der Seen und Flüsse mit einer einzigen Skala gerecht zu werden, die (nach Forel) zwölf Abstufungen zwischen reinem Blau und Gelbgrün zeigt, beruht auf einer zu engen Auffassung von den natürlichen Farben dieser Gewässer. Es ist wahr, daß sie alle zwischen Grün und Blau liegen, aber es sind viel größere Unterschiede des Grades und der Art der Farbe vorhanden, als zwölf Abstufungen angeben können. Schon das Blau des Gardasees reicht über diese Skala hinaus. Es ist sehr bezeichnend, daß der ausgezeichnete Seenkenner Simony seine Zuflucht zu den Farben der Mineralien nahm; er verglich die Farben der Seen mit Heliotrop, Chrysopras, Aquamarin, Smaragd. So spricht auch Lorenz von Liburnau von den Farben des Heliotrop, des Strahlsteins, der Hornblende, des Olivin: schwarzgrün, stahlgrün, lauchgrün, olivengrün, die er am Hallstätter See beobachtete. Und Sewerzow nennt den Issyk-kul hellblau mit einem türkisfarbenen Tone.

Die Temperaturen der Seen und Flüsse.

Ein See erwärmt sich wesentlich durch die Sonnenstrahlung. Dabei wird ein Teil der Strahlen von der Wasserfläche zurückgeworfen, ein anderer von der wasserdampfreichen Luftschicht über der Wasserfläche absorbiert, endlich ein Teil der Wärme zur Verdunstung verbraucht. Die Wärme der Luft kann nicht viel beitragen; wir werden sehen, daß sie durchschnittlich geringer ist als die Wärme an der Wasseroberfläche. Dabei fehlt bei der Ausbreitung der Wärme die Mitwirkung der großen Strömungen, die im Meere thätig sind. Die Verbreitung und Ausgleichung der Temperatur ist auf die geschlossenen Seebecken beschränkt, wo sie hauptsächlich durch vertikale Schichtung und in geringem Maße durch sehr beschränkte Strömungsbewegungen sich vollzieht. Dagegen sind die Rückstrahlung von steilen Seeufern, die Beschattung und die Temperatur der Zuflüsse nicht zu übersehen. In allen Seen besteht in der warmen Zeit ein Unterschied von 1—2° zwischen der Oberfläche und 1 m Tiefe, den schon der Badende empfindet, und in Seen von beträchtlicher Tiefe beginnt in etwas größerer Entfernung von der Oberfläche die Herrschaft einer niederen Temperatur, über die die sommerliche Erwärmung gleichsam nur eine dünne Lage von warmem Wasser breitet. Im Zustand der größten Erwärmung, im August, haben tiefe Seen in unserer Zone nur eine 8—10 m tiefe Schicht an der Oberfläche von durchschnittlich 20°, während von 40—50 m an die Temperatur von 4° mit geringen Schwankungen

herrscht; nur ganz schwache Spuren der Erwärmung pflanzen sich tiefer fort. Daher erhebt sich die Durchschnittswärme eines solchen Sees auch im Sommer nicht viel über 4°. Es kommen dabei an der Oberfläche tropischer Seen Temperaturen von mehr als 30° vor, in Seen unserer Zone Sommermaxima von 25°, und die großen Seen Nordamerikas zeigen gleichzeitige Wärmeunterschiede der Oberfläche, die mit 10° nicht weit von denen einer Meeresfläche abstehen. Für die Oberfläche des Bodensees ist eine Jahrestemperatur von 10,1°, eine Temperatur des August von 19,1° und des Februar von 3° gemessen. Die täglichen Wärmeschwankungen der Seeoberfläche sind an bedeckten Tagen fast gleich Null, können aber in Gebirgsseen unserer Zone 6° erreichen.

Vergleicht man die Oberflächentemperatur eines Sees in gemäßigter oder tropischer Lage mit der der darüberliegenden Luft, so ist die Seefläche auch selbst im Sommer durchschnittlich wärmer. Nach Eduard Richters Messungen am Wörther See ist auch im Juli und August der Unterschied zu gunsten des Sees 4—5°, wenn die Luft 19—20°, die Seefläche 23—25,5° mißt; im März und Oktober schwankt der Kontrast zwischen 6 und 3°, aber im Winter erhebt er sich auf 12°.

So ist also der See ohne Zweifel eine Wärmequelle für seine Umgebung. Im einzelnen Falle mag die gerade durch die höhere Wärme des Sees verursachte Nebelbildung die Sonnenstrahlen verhindern, bis zum Boden vorzudringen, und das Lokalklima der Seeumgebungen ungünstig beeinflussen. Aber im allgemeinen ist der Einfluß der Seewärme gewiß wirksam.

Ule vermochte am Würmsee diesen Einfluß nicht zu messen, beobachtete aber die vom See ausgehende Erwärmung in manchen Fällen: „Diese Erwärmung trat abends am deutlichsten in die Erscheinung. Auf dem feuchten Boden in der Umgebung des Sees macht sich sofort nach Sonnenuntergang wie auf Moorflächen eine starke Abkühlung bemerkbar, die namentlich in den zahlreichen Bodenmulden leicht fühlbar wurde. Näherte man sich an solchen Abenden dem See, so spürte man stets ganz zweifellos eine Erwärmung, während doch gerade umgekehrt in den tieferen Senken des Bodens eine Abkühlung zu erwarten sein mußte. Diese höhere Temperatur in der unmittelbaren Umgebung des Sees an kühlen Abenden ist so oft von dem Verfasser beobachtet worden, daß über ihr thatsächliches Vorhandensein kein Zweifel bestehen kann. Vermutlich aber ist das Mehr an Wärme sehr gering und an gewöhnlichen Thermometern kaum nachweisbar."

Der Einfluß der Ausdehnung und Tiefe eines Sees auf seine Wärme erlaubt uns von zwei Seen, die unter sonst gleichen klimatischen Bedingungen verschiedene Oberflächentemperaturen zeigen, im allgemeinen zu sagen: der wärmere ist weniger tief als der kältere. Doch gibt es noch manche andere örtliche Umstände, die man nicht vernachlässigen darf. Dazu gehören besonders die ober- und unterirdischen Zuflüsse. Zunächst wirkt in vielen Fällen der Regen abkühlend auf die Seeoberfläche, wie dies Ule am Würmsee nachgewiesen hat. Auf Salzseen dürften jedoch ähnlich wie auf dem Meere Regengüsse das darunter liegende Seewasser mittelbar erwärmen, indem sie eine schützende Decke bilden, welche die Ausstrahlung hindert. Wenn die Wärmeverteilung in den baltischen Seen weit verschieden ist von der in den Alpenseen — Temperaturen von 7° findet man dort noch bei 50 m, und selbst der 70 m tiefe Schaalsee in Mecklenburg hat am Grunde noch lange nicht das Dichtigkeitsmaximum — so hängt dies zum Teil von ihren Tiefeverhältnissen und ferner davon ab, daß die meisten von ihnen nur unbedeutende oberirdische Zuflüsse, dafür aber um so mächtigeren Grundwasserzufluß haben. Daher herrscht am Boden der meisten die Grundwassertemperatur jener Gegenden von 8—9° vor.

Eine so abnorme Wärmeverteilung, wie Delebecque im Oktober 1892 an dem größten der italienischen Hochseen, dem Lago del Moncenisio, gemessen hat: 10,2° an der Oberfläche und 9,8° am Grunde bei 31 m, kann nur durch aufsteigende Quellen erklärt werden. Wenn wir im Toten Meere von 20 m

abwärts 15° finden, sind wohl auch zum Teil Quellen daran schuld, mehr aber noch das Hinabsinken des erwärmten und durch Verdunstung verdichteten Oberflächenwassers. Auch im Kaspischen See kommt es nicht zu einer Abkühlung in den Tiefen wie in Süßwasserseen. Im Sommer findet man hier eine Oberflächentemperatur von 22—23°, während von 100—300 m die Wärme langsam von 6,5 auf 6° sinkt. Winde lassen dieses kalte Tiefenwasser auftriebweise ansteigen und erzeugen plötzliche starke Abkühlungen an der Oberfläche.

Die Wärmeabnahme mit der Tiefe ist im Sommer in den Seen beständig, aber nicht regelmäßig. Im Winter finden wir in der Tiefe wie immer Temperaturen um 4° (z. B. im Bodensee bei 235 m 4,4°), aber die unter 4° sich abkühlenden Wassermassen können nicht tiefer sinken, und endlich zeigt uns die von oben nach unten fortschreitende Eisbildung eine entgegengesetzte Wärmeverteilung, nämlich Zunahme der Wärme von oben nach unten. Die einfache Abnahme von irgend einer Oberflächentemperatur bis zu der das ganze tiefe Seebecken ausfüllenden von 4° nennt man die direkte Schichtung; wenn dagegen Wasser sich unter 4° abkühlt, leichter wird und an der Oberfläche sich über wärmerem ausbreitet, so erhalten wir die umgekehrte Schichtung. Je nach der klimatischen Lage der Seen sind auch die Schichtungen verschieden, in warmen Ländern herrscht die direkte, in kalten die umgekehrte. Man hat demgemäß drei Seetypen nach der Erwärmung unterschieden: im tropischen Typus herrscht das ganze Jahr die beständige Abnahme der Wärme nach unten, d. h. die regelmäßige Schichtung; im polaren die umgekehrte, die Zunahme der Wärme nach unten; im gemäßigten herrscht im Sommer jene, im Winter diese. Die Seen des tropischen Typus sind immer wärmer als 4°, die polaren immer kälter als 4°. Erstere findet man nicht bloß in den Tropen, sondern es gehören zu ihnen auch Seen im wärmeren gemäßigten Klima; die oberitalienischen Seen und der Genfer See sind noch dazu zu rechnen. Ebenso findet man Seen des polaren Typus nicht bloß in den Polargebieten, sondern auch in den Hochgebirgen aller Zonen, und es kommen ihnen auch sogar große Seen der gemäßigten Zone nahe. Spätes Frühjahr und kühler Sommer rücken z. B. den Ladogasee in kalten Jahren bis zur Grenze der polaren Seen, indem die Wärmeschichtung dann fast beständig umgekehrt bleibt.

Durch die Gewichtsveränderungen des Seenwassers pflanzen sich die Temperaturwechsel in die Tiefen des Sees fort, wo wir den Einfluß der Jahreszeiten und selbst der Tageszeiten in der Wärmeschichtung wiederfinden. Dabei kann es nicht an starken Unterschieden fehlen, die den merkwürdigsten Ausdruck der Wärmeschichtung im See, die Sprungschicht, hervorrufen, bei der die Wärmeschichtung sprungweise ihren Charakter ändert. Man möchte sagen, in der Sprungschicht sei die Oberfläche zur Unterfläche geworden. Sie ist nichts Beständiges, ununterbrochen in Bewegung, steigt sie, sinkt, breitet sich aus, zieht sich zusammen, je nachdem erwärmende oder abkühlende Einflüsse aufeinander gefolgt sind. Nachdem E. Bayberger schon für den Chiemsee das Gesetz ausgesprochen hatte: die Temperaturabnahme ist rapid in der oberen Wärmezone, verlangsamt sich nach unten, und die Temperatur wird in einer gewissen Tiefe konstant, hat Eduard Richter zuerst im Sommer 1889 diese Wärmeverteilung in allen Einzelheiten am Wörther See in Kärnten beobachtet, wo er bei einer Oberflächentemperatur von 22—23° nahezu die gleiche Temperatur bis 8,5 m fand. Von da an nahm die Wärme rasch ab, von 9—11 m von 19 auf 11°. Dann verlangsamte sich die Abnahme von 8° bei 15 m auf 5° bei 44 m, also hatte die Wärmeabnahme 5° zwischen dem 9. und 10. Meter und nur 1/11° zwischen dem 20. und 30. Meter betragen. Die Erklärung wurde schon damals in der nächtlichen Ausstrahlung gesucht, welche die abgekühlten Wassermassen so weit in die Tiefe führt, bis sie auf Schichten gleicher Temperatur und Dichtigkeit treffen. Dadurch wird eine täglich sich

wiederholende Durchmischung der oberflächlichen Schichten bewirkt, der eine scharfe Grenze nach unten gezogen ist.

Nach späteren Beobachtungen von Richter pflanzt sich die Sonnenwärme im Wörther See in der Weise fort, daß im Sommer von 8 Uhr morgens bis 2 Uhr mittags die Wärme bis zu 12 m Tiefe zunimmt. Von nachmittags 4 Uhr an beginnt dann die Abkühlung, die bis 4 m fortschreitet, während die Wärme langsam bis 35 m vorwärtsdringt. Die unmittelbare Sonnenstrahlung wärmt also bis 12 m, die Fortpflanzung der Wärme bis 35 m. Hergesell hat dann durch seine Beobachtungen am Weißen See in den Vogesen die Bewegungen der Sprungschicht mit den Jahreszeiten nachgewiesen, die im Sommer 10 bis 15 m unter der Oberfläche, im November 55 m tief lag. Je stärker sich die Oberfläche abkühlen konnte, um so tiefer sanken die abgekühlten Wassermassen und bildeten in ihrer Endlage die Sprungschicht. Den überwiegenden Einfluß der Ausstrahlung auf die Entstehung der Sprungschicht illustriert am besten der Einfluß andauernder Bewölkung, welche die Einstrahlung, die Ausstrahlung und die Tiefe der Sprungschicht vermindert. Es kann dadurch geschehen, daß mehrere Sprungschichten übereinanderliegen. Aus den leider noch fragmentarischen Messungen im Nyassa ergibt sich, daß auch dort etwas Sprungschichtartiges vorkommt, indem von der Oberflächentemperatur von 28° die Wärme langsam auf 27° in 25 m, dann aber auf 23—22° in 100 m sinkt.

Die **Temperatur des Flußwassers** wird in erster Linie durch die Temperatur der umgebenden Luft bestimmt. Die allgemeinste Regel dafür ist, daß, gerade wie bei den Seen, die mittlere Wärme der Flüsse größer ist als die mittlere Wärme der umgebenden Luft. Im Gegensatz zu der Schichtung der verschieden warmen Wassermassen in den Meeren und Seen steht die durch die ganze Wassermasse des Flusses gleichmäßigere Temperatur. Je rascher die Flüsse fließen, desto gleichmäßiger ist ihre Temperatur. Wenn sie bei Hochwasser vom Spiegel bis zum Boden genau dieselbe Temperatur zeigen, treten Unterschiede der Temperatur mit der Abnahme des Wasserstandes ein, die Bewegung verlangsamt sich, und es kommt nun vielleicht auch der Einfluß von Quellen im Flußbett zur Geltung. Da bei allen Flüssen die Ursprungsgebiete höher liegen als die Mündungen, bringen Anschwellungen von obenher in der Regel kälteres Wasser. Der Columbia führt in Oregon bei Überschwemmungen oft so kaltes Wasser, daß dessen Temperatur die Hoffnungen der auf Bewässerung angewiesenen Ackerbauer zerstört, und auf die kalten Überschwemmungen infolge der Schneeschmelze in den Anden führt Steffen die Säume abgestorbener Wälder zurück, welche die westpatagonischen Flüsse begleiten. Seichte Bäche und Flüsse erwärmen sich rasch durch die Rückstrahlung von ihrem Boden und kühlen sich ebenso wieder ab. Woeikof teilt von einem seichten Gebirgsbach im Kaukasus, Olchowska, mit, daß er, in breitem Thale fließend, an Julitagen Unterschiede von 13° zwischen Morgen- und Nachmittagstemperaturen aufweist. Seitdem A. von Humboldt die Wärme des Orinoko bei der Einmündung des Apure auf 29,2° am Ufer, 28,3° in der Mitte bestimmt hat, wissen wir, daß die Temperatur tropischer Flüsse verhältnismäßig gering ist, denn Humboldt maß gleichzeitig in dem spärlich mit Gras bewachsenen Sand bei den Orinokofällen 61°. Wir wissen außerdem, daß auch die Gleichmäßigkeit zu den Merkmalen der Temperatur tropischer Flüsse gehört. Bleibt doch selbst im unteren Amazonas die Wasserwärme ziemlich beständig 26°, während die der Luft um 5—6° schwankt.

Das Gefrieren der Seen und Flüsse.

Wenn die Temperatur einer Seeoberfläche auf 0° gesunken ist, tritt unter gesteigertem Wärmeverlust bei ruhigem Wetter die Eisbildung ein, besonders häufig in einer Frostnacht mit starker Ausstrahlung. Eisnadeln und Eisplatten schließen sich aneinander, und in einem Tage kann sich, immer ausgehend von den seichteren Abschnitten, eine zusammenhängende Eisdecke

über dem See gebildet haben, die sich dann langsam verdickt, bei großen Seen bis 30, bei kleinen bis 60 cm; in sehr kalten Wintern ist sie am Wörther See gegen 0,8 m dick geworden. Bei unruhigem Wetter bilden sich Eisschollen, die sich gegenseitig abrunden und an den Rändern verdicken, ähnlich wie auf Flüssen. Die Voraussetzung des Gefrierens ist die Abkühlung der ganzen Wassermasse auf 4°, worauf dann weitere Abkühlung die umgekehrte Schichtung (vgl. oben, S. 45) herbeiführt. Es folgt daraus, daß je tiefer der See im Verhältnis zu seiner Oberfläche ist, desto später das Gefrieren eintritt. Ebenso wie die Erwärmung geht die Abkühlung am raschesten vor sich bei seichten Seen, die große Fläche mit kleiner Tiefe verbinden. Der flache Plattensee gefriert schon im November, der tiefe Vierwaldstätter See scheint dagegen selbst in dem härtesten Winter des 19. Jahrhunderts, dem von 1829/30, nicht ganz zugefroren zu sein. Selbst der Baikalsee friert 2 Monate später zu als der Amur. Daß der Issyk-kul (Warmer See) gar nicht zufriert, wie Sewerzow angibt, ist bei seiner hohen Lage nur durch wärmende Quellen zu erklären; auf dem Großen Kara-kul hat Sven Heddin 1,06 m dickes Eis gemessen. Das Wasser unmittelbar unter der Eisdecke hat gewöhnlich eine Temperatur von einigen Zehntelgraden über Null. Aber E. Richter fand im Wörther See 4,2° Wärme am 14. März infolge der Erwärmung des Sees durch das diathermane Eis hindurch. Im Plattensee sind an den tiefsten Stellen unter dem Eis 2,6° und im Grundschlamm 3,5° gemessen worden. Hat aber das Eis eine gewisse Dicke erreicht, so hört die Wärmeabgabe des Wassers auf, und das Gefrieren steht still.

Die Zeit des Gefrierens und die Dauer der Eisdecke hängen außer von der Tiefe vom Klima und von der geographischen Lage ab. So zeichnen sich durch frühes Gefrieren und lange Dauer der Eisdecke die nordischen Seen aus. Auch der kleine Paßsee auf dem Kleinen St. Bernhard in 2470 m Höhe ist im Durchschnitt 268 Tage zugefroren. In den kältesten Jahren ist er am 30. September zu- und am 15. September aufgegangen. Unter den Einflüssen der Lage darf man gerade bei den Seen nicht den Unterschied übersehen zwischen der offenen, den Winden zugänglichen Lage, wie des Chiemsees, welche die Eisbildung erschwert, und der bergumrandeten, windgeschützten Lage, die sie erleichtert, wie z. B. der Walchensee zeigt.

Die Eisdecke unserer Süßwasserbecken zeigt mächtige Spalten und Falten, die auf Erstreckungen von Hunderten von Metern sich hinziehen, wobei die Falten über 1 m Höhe sich erheben, ganz ähnlich den Faltungen der Gebirge. Vom Bodensee hat Deike solche Gebilde beschrieben, die fast 10 km lang, 1½ m hoch, über 4 m breit waren. Die Spalten erweitern sich oft bis zu 5 m, durchziehen selbst in größeren Seen, wie dem Chiemsee, die ganze Fläche, wobei sie eine bemerkenswerte Neigung zeigen, Parallelrichtungen zu folgen. Am Chiemsee ziehen sie südnördlich. Eislöcher erreichen ebenfalls einige Meter Durchmesser und halten an einigen Stellen den See auch beim härtesten Frost offen; in ihnen vermutet man die Wirkung unterseeischer Quellen. Bei Frost zieht sich die Eisdecke der Seen zusammen und reißt, wobei Spalten von mehreren Metern Breite entstehen; steigt die Temperatur, so dehnt sie sich aus und nun überschieben sich die Ränder der Spalte, an anderen Stellen faltet sich die Eisdecke, ohne zu reißen. Außerdem bewirkt auch der Druck des Wassers von unten gegen die Eisdecke Aufwölbungen von kreisrunder oder elliptischer Gestalt. Wenn die Spalten sich schließen, treten an ihre Stelle die Falten und Überschiebungen, auch gibt es liegende Falten, wobei der eine Flügel sich über den anderen schiebt, und zwar gehört der überschiebende in der Regel der größeren Eisfläche an. Sprünge, in der Richtung der Falten, begleiten oft die letzteren, aus Spalten und Rissen quillt das Wasser hervor, das bei neueintretendem Froste gefriert und die Wunden

wieder schließt. Die Falten und Sprünge treten oft in mehrfacher Zahl neben- oder hintereinander auf, und ihre Lage nahe und parallel dem Ufer läßt eine Beziehung zu letzterem erkennen; sie kommen aber auch häufig am Eingange kleinerer Seebecken oder Seenzipfel vor.

Mit diesen Formänderungen gehen merkwürdige Geräusche einher. Als Sven Hedin im März über den Kara-kul ritt, vernahm er seltsame Töne aus dem See: „Bald glichen sie den tiefsten Tönen einer Orgel, bald klang es, als rücke man unter uns große Trommeln von der Stelle und schlage sie dabei, bald schallte es, wie wenn der Schlag einer Droschke zugeknallt wird, bald wieder, wie wenn man einen großen runden Stein ins Wasser wirft. Stöhnende und pfeifende Laute lösten einander ab, und bisweilen glaubte man unterirdische Explosionen zu hören."

Flußeis auf großen Strömen ist wesentlich eine Erscheinung der kalten gemäßigten Zone. In den wärmeren Teilen der Erde kommt die dauernde Abkühlung unter den Gefrierpunkt nicht zu stande, die dazu nötig ist, und in den Polarländern ersetzt das Inlandeis die großen Flüsse. Das Gefrieren der Flüsse setzt eine lange dauernde Frostperiode voraus oder ein plötzliches Sinken der Temperatur, nachdem durch anhaltende geringe Wärme die Wassertemperatur bis gegen 0° abgekühlt war. Die Eisbildung auf Flüssen wird durch die Bewegung des Wassers und den beständigen Austausch der erkalteten Schichten gegen wärmere verlangsamt, Flüsse gefrieren immer später als Seen von gleicher Lage und Tiefe. Als Prschewalskij zuerst an den Tarim kam, ging dieser Fluß am 4. Februar, in einem anderen Jahr am 27. Februar auf; und in diesem Jahr zerbrach die Eisdecke des Lobnor erst Mitte März, als das Thermometer am Mittag 30° wies. Die Isar bei München gefriert erst, wenn längere Zeit eine Temperatur von —15° geherrscht hat. Stärkeres Gefälle verzögert oder verhindert die Eisbildung, daher tritt sie immer zuerst in den seichteren Teilen, besonders an Klippen und auf Bänken, in stillen Buchten, früher auf der Lee- als der Luvseite, und ganz zuletzt in der Stromrinne ein. In großen Strömen sind deshalb die Thalweitungen mit schwachem Gefälle der Schauplatz der frühesten Eisbildung.

Auf der bayerischen und österreichischen Donau tritt das Eis nach 40jährigen Beobachtungen durchschnittlich am frühesten am 17. Dezember auf der Strecke Straubing—Passau auf, im Wiener Becken am 22. Dezember, am spätesten am 25. Dezember bei Ulm. Die alpinen Donauzuflüsse, die alle mit raschem Gefälle kommen, haben durchweg spätere Eisbildung: bei Freising friert die Isar erst am 1. Januar zu. Mittenwald an der oberen Isar berichtet überhaupt seit 1826 Eisbildung nur in den Wintern 1837/38 und 1846/47. Dabei spielt dann wohl die starke Vertretung des Quellwassers im Oberlauf mit. Der letzte Eisgang fällt bei Ulm auf den 6., bei Straubing und Passau auf den 15. und 16., auf der Isar bei Landshut auf den 11. Februar, auf dem Inn bei Rosenheim auf den 16. Februar. Die nördlichen Zuflüsse der Donau, die schwächeres Gefälle und geringeren Wasserreichtum als die alpinen haben, zeigen frühere Eisbildung, auf dem Regen bei Nittenau am 3. Dezember, auf der Naab bei Schwandorf am 7. Dezember. Zugleich hat die Naab bei Schwandorf 70, der Regen bei Nittenau 47 Tage Eisbedeckung, während die Isar bei Freising 12, die Iller bei Kellmünz 18, der Lech bei Schongau 21 Tage Eisbedeckung hat. Auch darin gleicht wieder die obere Donau bei Ulm den alpinen Zuflüssen, sie hat dort 12 Tage Eis. Bei Deggendorf steigt die Dauer auf 40, im Wiener Becken erreicht sie 32 Tage.

Mit der Zunahme der Frostzeiten wächst auch die Dauer des Eisganges und des Eisstandes. Schon der Unterschied zwischen Ulm und Wien (s. hier oben) zeigt diesen Einfluß, den wir noch deutlicher an den mittel- und osteuropäischen Flüssen wahrnehmen. Nach 70jährigen Beobachtungen, von 1822—92, war die Weser bei Bremen in 22 Wintern ohne stehendes Eis, und die mittlere Dauer der Eisdecke betrug 22,5 Tage. Die längste Dauer zeigte der Winter 1870/71, wo die Eisdecke vom 25. Dezember an 65 Tage dauerte. Das absolut früheste Eis trat hier am 17. November ein und stand am spätesten am 28. März. Auf der Elbe bei Magdeburg dauert der Eisgang durchschnittlich 48, auf der Weichsel bei Warschau 60, auf der Düna

bei Riga 125, auf der Newa bei Petersburg 147 Tage. In dem harten Winter 1890/91 hatte der Rhein Treibeis vom 16. bis 19. Dezember, 30. Dezember bis 5. Januar, 10. bis 14. und 16. bis 22. Januar, also 23 Tage. Auf den Strömen Nordsibiriens bleibt die Eisdecke 8—9 Monate; auf dem Anadyr zeigen sich Mitte Mai Löcher im Eis, das Mitte Juni sich im mittleren Lauf in Bewegung setzt, während im unteren die Eisdecke noch festliegt, weshalb dort fast regelmäßig Sommerüberschwemmungen eintreten. In der zweiten Hälfte des September erscheint das Eis wieder und kommt Anfang Oktober zum Stehen. Selbst unter dem Einfluß mächtiger Gezeiten ist der Hafen von Quebek durchschnittlich fünf Monate (vom 26. November bis 28. April) vom Eis geschlossen.

Viel seltener als der Eisgang bildet sich die Eisdecke oder der Eisstoß, woran die verschiedenen Phasen des Flusses beteiligt sind. Wo sich das treibende Eis in Verengerungen des Flußbettes, auf Untiefen, vor Brücken u. s. w. staut, gefriert es mit dem Wasser zu einem Eisstoß zusammen, aber nur bei Temperaturen, die weit unter dem Grade liegen, der zur Eisbildung nötig ist. Wenn dieses stehende Eis den oberen Teil des Flusses staut, vermag der Eisstoß große Überschwemmungen hervorzurufen. Gewöhnlich zerbricht aber schon das beginnende Hochwasser den Eiswall, wobei wohl die innere Zersetzung der Eisschollen (s. unten über das Gletschereis) mit wirksam ist. Selbstverständlich ist die Dauer der Eisdecke viel geringer als die des Eisganges. Er tritt auf der Donau nie vor dem Januar ein; Swarowski gibt als Durchschnittsdatum für die ganze Donau den 8. Januar an. Die Dauer des Eisstoßes ist für die Donau bei Dillingen und Kehlheim 17, bei Deggendorf 38, bei Wien 29, auf der walachischen Strecke 37 Tage. Auf der Oder bei Krossen dauerte der Eisstoß früher durchschnittlich 42 Tage, seine Dauer scheint sich seit der Korrektion vermindert zu haben.

Nach der Schilderung eines Eisganges der Sihl, die Albert Heim entwirft, tritt bei diesem westlichen Zufluß des Züricher Sees der „Eisstoß“ unter ähnlichen Verhältnissen wie an den sibirischen Flüssen ein. Weil das obere Thal sonnig gelegen und dem Föhn zugänglich ist, während der untere Lauf durch ein dunkles Waldthal führt, ereignet es sich, daß das Wasser oben steigt, während es unten noch unter der Eisdecke liegt. Diese wird gehoben, zerbrochen, die Eisplatten werden übereinander geschoben und von dem gestauten Wasser fortgetragen. Dabei sieht man diese aufgehäuften Eismassen sich in großen Wellen bewegen, die quer über den Fluß laufen.

Ein großer Teil des Eisstoßes vollzieht sich ohne Berührung des Ufers durch Aufstauung der Eisschollen hoch über den Flußbettrand, wobei auch in kleineren Flüssen Eismassen von 4 m aufgehäuft werden. Die Bewegung ist dabei nicht bloß ein Fließen, sondern auch ein Rutschen des Eises über das Eis, wobei die Eismassen häufig am Ufer festliegen, während die Mitte sich bewegt. So kann man große Eisstöße beobachten, welche die Geschiebe eines Flußufers nicht berühren. Um so stärker wirkt dann das Losbrechen des hinter dem Eis aufgestauten Wassers, wobei man an der unteren Weichsel Verlagerung der Mündungsarme beobachtet. Auf den Seen treibt der Wind das aufbrechende Seeeis einem Ufer zu, wo die Schollen mit sonderbar klingendem Ton zerbrechen und sich übereinandertürmen. Grewingk beschreibt eine Hinüberschiebung des Eises des Wörzjärwsees in Livland bei heftigem Südwestwind, welche Eismassen über 70 m weit ins Land hineintrieb. Dabei entstanden parallele Eiswälle, deren vorderster gegen 10 m hoch war. Steinblöcke der Ufer, Sand und Erde wurden von dem Eis mitgetragen, erstere bis zu Höhen von 5 m.

Das Eis, das die Ströme den größeren Teil des Jahres hindurch bedeckt hat, hinterläßt starke Spuren, wenn es im Frühling aufbricht. Wo, wie in den sibirischen Strömen und im Yukon, der Oberlauf früher eisfrei wird als der Unterlauf, bilden sich in diesem Eisdämme, und die

aufgestauten Wasser übersteigen die Ufer. Das Eis, das sie ins Land hineintragen, reibt die Rinde der Bäume bis zu einer gewissen Höhe ab, und es kommt sogar vor, daß die scharfkantigen schweren Eisschollen die Bäume abschneiden. Auch aus Wisconsin erzählt uns D. D. Owen von Bäumen, die 5—6 m über dem Juliwasserstand vom Frühlingseisgang geschält und eingeschnitten waren. Viele Eisschollen sind mit Erde und Steinen und einzelne mit Steinblöcken von 1 m Durchmesser beladen. Als Mackenzie den Unterlauf des Athabasca erreichte, der dann

Eisformen am Niagara. Nach Sievers „Amerika". Vgl. Text, S. 51.

auch seinen Namen erhielt, sah er am Ufer Eiswände mit Zwischenlagerungen von dunkler Erde. Schmelzen die Eismassen, so hinterlassen sie diesen Schutt in unregelmäßigen Haufen oder Pfeilern. In die Spalten größerer Eisplatten war Schlamm und Sand hineingewaschen worden; indem nun das Eis schmolz, blieben diese Einwaschungen auf dem Ufer in den merkwürdigsten Linien liegen, die an hebräische Buchstaben erinnern.

Zu den eigentümlichsten Bildern gehören die gefrorenen Wasserfälle. Der Wasserfall erstarrt von unten nach oben und von den Seiten her. Zuerst gefriert alles Spritz- und Tropfwasser und baut sich um das untere Ende des Wasserfalles auf, umgibt ihn, bis zuletzt nur noch der lebendige Wasserfaden übrigbleibt, in dem am meisten von der Wärme der Quellen

erhalten ist, die ihn nähren. Auch die Vegetation in der Umgebung des Falles wird durch das Spritzwasser mit einem Eismantel überzogen (s. die Abbildung, S. 50).

Der Einfluß der Flüsse und Seen auf das Klima ihrer Umgebung ist nicht unbeträchtlich. Das Wasser der Flüsse und Seen erfährt nicht nur Temperatureinflüsse, es übt selbst wärmende und abkühlende Wirkungen auf seine Umgebung aus. Es speichert im Sommer Wärme auf, die es im Herbst und Winter abgibt. Daher haben wir ein Lokalklima an Binnenseen, soweit deren Wirkungsbereich reicht, mit spätem Herbst und spätem Frühling. In Ländern mit langen Wintern macht sich das Gefrieren und Auftauen des Wassers im Klima geltend. Das Gefrieren macht Wärme frei, das Auftauen verbraucht Wärme. Noch im Mai sinkt in Nordwestrußland die Temperatur durch das Auftauen der großen Seen, besonders des Ladoga, und den kalten Wassern des Baikalsees ist es großenteils zuzuschreiben, wenn die Luftwärme in Kultuk im Juni und Juli mehr als 4° kälter ist als in dem nördlicheren Irkutsk. Der Abfluß des Sees trägt die Oberflächentemperaturen hinaus, ist daher im Sommer warm, im Winter kalt, und wo Teile von Seen offen bleiben, ist ihr Wasser kälter als unter der Eisdecke.

---

4. Das Leben im süßen Wasser.

Inhalt: Ursprung und Alter der Süßwasserbewohner. — Verbreitungsgebiete der Süßwasserbewohner. — Litorale, pelagische und Tiefseetiere des Süßwassers.

Ursprung und Alter der Süßwasserbewohner.

Vieles spricht dafür, daß die Süßwasserbewohner aus dem Salzwasser hervorgegangen sind. Nicht bloß überwiegt die Zahl und Mannigfaltigkeit der Salzwasserbewohner weit die der Süßwassertiere, sondern wir finden auch in den ältesten Erdschichten Tierformen, die heutigen Salzwasserbewohnern nächstverwandt sind. Unzweifelhafte Süßwassertiere treten erst später auf. Manche davon sind deutlich Zwischenglieder zwischen kiemenatmenden Meeresbewohnern und lungenatmenden Landbewohnern und erscheinen schon als solche jünger, da doch die Lungenatmung eine erst spät erworbene Eigenschaft sein dürfte. Der kleine Krebs Branchipus stagnalis wird als eine typische Süßwasserform bezeichnet, zugleich aber ist nachgewiesen, daß er im Salzwasser viel größer wird. Sollte er ursprünglich dem Salzwasser angehören? Da wir indessen dem salzigen Wasser keinerlei besondere Vorzüge vor dem süßen Wasser für die Schöpfung von Lebewesen zuzuschreiben haben, kann die Möglichkeit nicht verneint werden, daß es in den ältesten Erdperioden schon Süßwasserorganismen gegeben habe. Auch leben im Süßwasser Organismen, die zu den sicherlich uralten Gruppen der Schwämme (s. die Abbildung, S. 52) und Korallen gehören. Muß nicht immer ein Kreislauf des Flüssigen bestanden haben, der süßes Wasser als Regen, Quellen, Bäche, Flüsse voraussetzte? Und konnte das Meer jemals ohne Ausläufer und Übergangsgebilde sein, wie der Finnische Golf, der nach seiner Fauna mehr ein nach der Ostsee offener Süßwassersee als eine Meeresbucht, in allen anderen Beziehungen aber ein echtes Stück Ostsee ist?

In vielen Seen leben Tiere, deren nächste Verwandte nur im Meere bekannt sind. Man hat solche Seen Reliktenseen genannt (s. unten im Seenabschnitt). Hier spricht eine große Wahrscheinlichkeit für die Abstammung der Süßwasserbewohner von den Meeresbewohnern. Der Gardasee hat die heringsartige Alosa finta, eine Verwandte des Maifisches, eine Meergrundel (Gobius)

und einen Blennius; alle drei sind Arten von Meeresgattungen. Der Krebs Palaemonetes in demselben See steht dem Palaemon squilla, der Garnele der Ostsee, am nächsten. Im Genfer See findet man zwei Muschelkrebschen aus der Gattung Acanthopus, die der Meeresgattung Cythera nächstverwandt ist. Auch die skandinavischen Seen haben Krebse aus den Meeresgattungen Mysis, Pontoporeia, Idotea. Die Großen Seen Nordamerikas haben zum Teil dieselben Krebse und zwei Fische aus der Meeresgattung Triglops. Aber auch unter den höheren Tieren finden wir Süßwasserbewohner, deren Abstammung von Meeresbewohnern höchstwahrscheinlich oder sicher ist. Wenn der Seehund im Amur 400 km aufwärts geht, begreifen wir sein Vorkommen im Baikal-, Onega- und Ladogasee. Ein Wal, von der Art Balaenoptera borealis, von etwa 12 m Länge, schwamm 1887 die Themse hinauf bis London, und bis Bonn ist ein Delphin (Phocaena orca) gelangt. So dürften die Delphine des Ganges und Amazonenstromes sich aus dem Meer abgezweigt haben. Die Erscheinung, daß unter diesen Süßwasserbewohnern so uralte Formen wie die Schmelzschupper (Ganoiden) afrikanischer und amerikanischer Flüsse oder der zwischen Fisch und Amphibium stehende Lepidosiren brasilischer Flüsse vorkommen, läßt uns das Süßwasser wie ein stilles Zufluchtsgebiet neben dem reicher bevölkerten und kampfreicheren Meere erscheinen.

Süßwasserschwamm. Nach Zacharias, „Tier- und Pflanzenwelt des Süßwassers“. Vgl. Text, S. 51.

Auch die Süßwasserpflanzen zeigen einen engen Zusammenhang mit den verwandten Landpflanzen. Nur die schwimmenden Gewächse sind ganz eigenartige Wasserbewohner. Seichtwasser- und Sumpfbewohner gehen allmählich in Landbewohner über, oder es wächst dieselbe Art im Wasser und auf dem Lande. Die Seerosen (s. die Abbildung, S. 55), die im Boden wurzeln, während sie zu schwimmen scheinen, können natürlich nur so weit vorkommen, als sie mit der Länge ihrer Stengel noch den Raum zwischen Boden und Wasserfläche auszumessen vermögen. Die kleinen Süßwasseralgen treten in schwimmenden Formen auf, die wahre filzige Decken über das Wasser weben. Einzelne Arten aus großen Familien haben sich allein dem Wasser angepaßt; sie wachsen im Wasser, wie ihre Verwandten auf dem Lande, so die gelbblühende Iris, oder sind zum Schwimmen übergegangen, wie der Wasserranunkel mit seinen weißen Blüten und fein zerschlissenen Blättern; Salvinia ist ein Farnkraut mit Schwimmblättern. In anderen Gruppen sind alle Glieder einer Gattung schwimmende Wasserbewohner, wie die laichkrautartigen Gewächse (Potamogetonaceen; s. die Abbildung, S. 53) und die 35 Arten der Nymphäen, von denen die schöne weißblühende Seerose von Sizilien bis zu den Shetland-Inseln und in Asien vom Himalaya bis zu den Tundren wohnt. Dabei sind zur Erleichterung des Schwimmens die Stengel blasenartig aufgetrieben, wie bei Trapa, oder die Blätter flächenförmig bis zu Riesengrößen ausgebreitet (s. die Abbildungen S. 54 u. 55), glatt und ganzrandig oder fein zerteilt wie die Schwimmgräser.

Ein sehr eigentümliches Vorkommen ist das des Laubmooses Thamnium alopecurum var. lemanicum, das Forel im Genfer See 60 m tief auf einer alten Moräne fand. Es lebt sonst nur in Bächen mit rascher Wasserbewegung. Ist es mit der Moräne hierhergelangt, wie Schnetzler glaubte?

Groß ist die Zahl der Tiere, die den Namen Amphibien verdienen, den man zu Unrecht an eine einzige Klasse der Wirbeltiere vergeben hat. Lungenatmende Wassertiere, wie Walrosse

und Robben, verbringen immer einen Teil des Tages auf dem Land oder auf schwimmendem Eis. Die Wale suchen, um zu gebären, wenigstens geschützte Buchten an steilen Ufern auf. Selbst Tiere, die zum Wasserleben durch Kiemenatmung und durch die Beschaffenheit ihrer Haut bestimmt sind, steigen ans Land und atmen durch lungenartige Organe die Luft unmittelbar ein. Dazu gehören einige Gobiiden, die an der Wasserlinie des Meeres entlang hüpfen, um nach Schnecken und Würmern zu jagen; ihre Kiemenhöhlen enthalten Lufträume. Hierher sind ferner die Labyrinthfische zu rechnen, deren einer, Anabas scandens, auf Bäume steigen soll; ihre Kiemenhöhle ist in labyrinthisch gewundene Gänge verlängert. Brasilische Fische atmen

Potamogeton. Nach Kerner, „Pflanzenleben“. Vgl. Text, S. 52 und 57.

durch die Kiemen und die Schwimmblase. Die Deckelschnecke Ampullaria hat Kiemen und darüber dieselbe Lungenhöhle wie unsere Landschnecke. Ähnlich sind Land-Nemertinen organisiert; bei Landkrabben dagegen enthält die Kiemenhöhle einen großen Luftraum. Groß ist endlich die Zahl der Tiere, die durch die feuchte Haut ebensowohl im Wasser als in der Luft atmen können: Blutegel, Landplanarien. Vielleicht ist indessen einer der interessantesten Fälle der der Limnäen, die in der Tiefe der Seen aus dem Wasser durch dieselbe Lunge Luft aufnehmen, mit der sie an der Seeoberfläche Luft einatmen; außerdem atmen sie auch durch die Haut. Hat man nicht endlich ein Recht, auch jenen Vögeln einen amphibischen Charakter zuzuschreiben, die ihr Leben in und über dem Wasser zubringen, am Wasserrande nisten und, wie die Eiderente, sich ihre Nahrung von Muscheln und Schnecken von einem 40 m tiefen Meeresboden holen?

Verbreitungsgebiete der Süßwasserbewohner.

Die Arten der Süßwasserbewohner sind im allgemeinen verbreiteter als die der Landbewohner. Der Abgeschlossenheit der Flußsysteme und Seebecken steht die große Übereinstimmung

der Lebensbedingungen im süßen Wasser gegenüber. Auch kann die Wasserscheide durch Überschwemmungen, Bifurkationen oder unterirdische Verbindungen verwischt und dadurch die Grenze des Nachbargebiets überschritten werden. Besonders im Unterlaufe von Flüssen können Überschwemmungen getrennte Flußgebiete vorübergehend vereinigen. Ferner kommt es vor, daß die Eier von vielen Süßwassertieren durch wandernde Wasservögel vertragen werden, wie wir im biogeographischen Abschnitt beschreiben wollen. Immerhin sind nicht wenige Süßwasserbewohner in ihren Gebieten abgeschlossen. Ja, es kommt in großen Stromgebieten

Hydrocharis. Nach Kerner, „Pflanzenleben". Vgl. Text, S. 52.

wohl vor, daß in verschiedenen Zuflüssen ganz verschiedene Pflanzen und Tiere leben, wie es vom Amazonenstrom bekannt geworden ist. Das Studium der Süßwasserbewohner ist daher sehr nützlich für die Erkenntnis der Geschichte ihrer Wohngebiete. Der Balchaschsee, der von vielen mit dem Kaspisee und Aralsee als Teil eines alten Meeresabschnittes betrachtet wird, hat Fische, die ganz verschieden von denen des Kaspi und Aral sind, dagegen eine große Analogie mit denen anderer zentralasiatischer Seen zeigen, auch des Lobnor; er dürfte also mit diesen und nicht mit den anderen zusammengehangen haben. Wenn die deutschen und englischen Nordseezuflüsse eine auffallend übereinstimmende Lebewelt haben, wird wohl die Ursache in der späten, nachglazialen Entstehung der Nordsee zu suchen sein. Und wenn die Fauna des Kivusees der der Nilquellseen nächstverwandt ist, und der des Tanganyika fernsteht, in den er heute mündet, schließen wir daraus, daß er, wahrscheinlich durch vulkanische Abdämmung, von jenen getrennt worden sei.

Unter allen wasserbewohnenden Tieren sind die **Amphibien** die reinsten Süßwassertiere. Ihr Laich wird vom Salzwasser rasch getötet, und auch wo die Erwachsenen am Lande wohnen und mit Lungen atmen, sind sie im Jugend- und Larvenzustand an das Süßwasser gebunden, in dem sie dann mit Kiemen atmen. Daher haben die Amphibien die merkwürdigsten Lücken und Sprünge der Verbreitung. Zwar zeigen auch hier die Norderdteile einen engeren Zusammenhang, und auf der Südhalbkugel hängt Afrika enger mit Südostasien, Südamerika mit Australien zusammen. Aber keine einzige Amphibienfamilie ist kosmopolitisch. Die Batrachier zeigen ein entschiedenes Übergewicht auf der Südhalbkugel, während die Salamandriden am stärksten auf der Nordhalbkugel vertreten sind. Innerhalb dieses tiefgehenden Unterschiedes zwischen Nord- und Südhalbkugel treffen wir aber auf die merkwürdigsten Verbreitungsverhältnisse. Die Gattung Rana fehlt auf den

Partie am Amazonas mit Victoria regia. Nach Goelbi, „Arboretum Amazonicum". Vgl. Text, S. 52.

Antillen, im südlichen Südamerika und in Neuseeland und hat auch in Australien nur eine Art, die eingeführt sein dürfte. Die Kröten fehlen auf Madagaskar und Neuseeland. Die Laubfrösche haben ihr Verbreitungszentrum in Südamerika; nur eine Art, unser Laubfrosch, geht in die Norderdteile über. Von den sechs Gattungen der Unken bewohnen fünf die paläarktische Region, und die sechste ist das einzige Amphibium Neuseelands. Von den **Urodelen** oder geschwänzten Amphibien sind nur einige wenige südlich von den Norderdteilen zu finden, die ihre eigentliche Heimat sind. Andere kommen bis Hinterindien, Zentralamerika, Westindien vor. Nur zwei Gattungen sind zugleich paläarktisch und nearktisch. Engere Beziehungen zwischen Nordamerika und Japan treten uns in den Amblystomatinae entgegen. Die wurmförmigen Blindwühlen (Caeciliadae) sind Tropenbewohner in Südamerika, Afrika und Indien; die Seychellen teilen mit Afrika zwei Gattungen und Südamerika mit Westafrika eine.

Auch die Verbreitung der **Süßwasserfische** zeigt den Gegensatz einer nördlichen, südlichen und tropischen Zone. Die nördliche Zone ist ausgezeichnet durch die Menge von Karpfen, durch Hechte, Lachse, Störe, in der südlichen fehlen Karpfen und Lachse, der Fischreichtum ist überhaupt kleiner. In der tropischen herrschen mit gewaltiger Entwickelung die Siluriden (Welse). In der nördlichen Zone stoßen wir dann auf den allgemeinen Unterschied der paläarktischen und nearktischen Region. Dort sind Barben und Schmerlen

(Cobitis) häufig, die hier fehlen. Dafür treten hier die gepanzerten Ganoiden (Lepidosteus) und andere alte Formen, die der Alten Welt fehlen, hervor. In der äquatorialen Zone scheidet sich die afrikanisch-indische Region mit Karpfen von der neotropisch-australischen ohne Karpfen. In Afrika kommen die elektrischen Hechte vor, und die Chromidae und Characinae sind häufig. In der australischen Region fehlen diese Familien; hier tritt die uralte Form Ceratodus auf. Überhaupt hat die äquatoriale Zone die ältesten, zum Teil in die Trias zurückreichenden Fischformen. In der neotropischen Region ist der Fischreichtum am größten, sie hat ja auch das größte Stromsystem, das Süßwassermeer des Amazonas. Allein die Siluridae erreichen hier die Artenzahl von etwa 300. Die tropisch-pazifische Region, Neuguinea, Australien und Polynesien, ist dagegen sehr arm, sie hat im ganzen nur 40 Arten Süßwasserfische. In der antarktischen Region sind die drei weit entlegenen Subregionen Tasmanien, Neuseeland und Patagonien in den Süßwasserfischen einander viel ähnlicher als in manchen anderen Beziehungen, ja, sie stimmen untereinander darin mehr überein als Europa und Nordasien. Cyklostomiden sind dem arktischen und antarktischen Gebiet gemein.

Die Muscheln und Schnecken des Süßwassers haben eine große Anzahl von ganz oder fast kosmopolitischen Formen. Die Gruppen Limnaeus, Paludina, Melania, Neritis sind in allen Teilen der Erde, die zwei letzteren sogar in Polynesien vertreten. Die Cyreniden sind indisch, afrikanisch, nearktisch und polynesisch. Die Unioniden sind mit einem gewaltigen Formenreichtum (drei Viertel aller bekannten Arten) in Nordamerika vertreten, dann folgt Ostasien, Südamerika und dann erst Europa mit seinen zehn Arten. Manche von diesen Formen scheinen ein hohes geologisches Alter zu haben, und man führt darauf ihre weite Verbreitung zurück. Doch ist auch dabei nicht zu übersehen, wie günstig das Wasserleben der passiven Wanderung ist. Die Flußkrebse gehören der gemäßigten Zone des Nordens und des Südens an. Dort ist es die Gruppe Astacus, die in Europa, Ostasien und Nordwestamerika vorkommt und von hier bis Mittelamerika geht; die Gruppe Parastacus ist vorzüglich in Australien, im gemäßigten Südamerika und im südlichen Madagaskar vertreten. Die Flußkrabben (Telphusidae) sind Tropenbewohner der Alten und Neuen Welt, nur eine Telphusa-Art geht bis in die gemäßigte Region.

Litorale, pelagische und Tiefseetiere des Süßwassers.

Die großen Süßwasseransammlungen der Seen, deren Tiefe an manchen Stellen über 1000 m hinausreicht, zeigen manche Analogien mit den Meeren. Was fehlt in der That der fünfteiligen Seengruppe Nordamerikas zu einer Ostsee als das Salzwasser? Selbst in der Tiefe übertrifft der Baikalsee die Ostsee sechsfach. So ist denn auch die Lebewelt der Süßwasserseen in manchen Beziehungen der der Meere ähnlich, und vor allem ist sie ähnlich verteilt. Litoralformen, pelagische Formen, Tiefseetiere, das sind auch hier die drei natürlichsten Abstufungen des Lebens, denn es sind die drei natürlichsten Vereinigungen von Lebensbedingungen. Die litoralen Pflanzen und Tiere haben in jedem See ihre Besonderheit, sei es auch nur durch die Variation weiter verbreiteter Arten. Die Tiefseefauna aber stammt von litoralen Formen und hat demgemäß auch in jedem See örtliche Besonderheiten. Dagegen hat das pelagische Leben unserer Seen überall fast denselben Charakter; Pflanzen wie Tiere der Seeoberfläche sind von nahezu kosmopolitischer Verbreitung.

In den Süßwasserseen haben wir eine litorale Zone, die sich dem Ufer entlang zieht und um so tiefer hinabreicht, je größer der See ist, in einzelnen Fällen bis über 25 m hinaus. Lichtreichtum, Temperaturschwankungen, felsiger, sandiger oder mit Steinen oder Schlamm bedeckter Boden, beträchtliche Wasserbewegung verleihen dieser Zone ihre besonderen Lebensbedingungen. Alle Seebewohner aus der Tierwelt, die man bis vor 30 Jahren kannte, gehören dieser Zone an. Ihre Pflanzen und Tiere sind mannigfaltig wie ihre Lebensbedingungen; hier findet man mit der größten Zahl von Individuen die größte Mannigfaltigkeit der Typen zusammen. Es leben da auch die das Wasser zeitweilig aufsuchenden Säugetiere, Vögel, Amphibien, Insekten. Wir finden zunächst Pflanzen und Tiere, die dem Wasser nur zum Teil

angehören. Schilf und andere Gräser wurzeln hier im Wasser und erheben ihre Kronen in die Luft. Seerosen, Potamogeton (s. die Abbildung, S. 53), Ceratophyllum, Hydrocharis bilden im Wasser dichte Gebüsche, deren Blätter und Blüten an die Oberfläche steigen. Dann haben wir die dichten und dunkeln Rasen der Characeen. Festsitzende Algen, wie Ulothrix, Chladophora, bilden dichte Überzüge auf Steinen. Auch die Kalkalgen (Zonotrichia, Hydrocoelum) bilden Überzüge von dichterer Art. Kleine, freie Algen (Desmidien, Diatomeen, Baucherien) erteilen Steinen und anderen Körpern unter Wasser eine bräunliche Farbe und einen tiefen Schimmer. Schwimmende Algen (Conferva, Pandorina u. a.) erscheinen zeitweilig, um wieder zu verschwinden. Endlich treten die allverbreiteten mikroskopischen Bakterien, Spaltpilze, Vibrionen auf, die man aber in den Seen im allgemeinen seltener findet als in den Flüssen und sogar in den Quellen antrifft.

Cyclops. Nach Brehm.

Die pelagischen Süßwasserbewohner bilden ein Plankton wie auf dem Meere, hauptsächlich bestehend aus Schwimmtieren und schwebenden Algen. Unter den Tieren sind kleine Kruster (s. die nebenstehende Abbildung), Rädertierchen, Infusorien, Rhizopoden, unter den Pflanzen einige grüne Algen und Diatomeen (s. die untenstehenden Abbildungen) vertreten. Der Arten sind es wenig, dafür ist der Reichtum an Individuen, besonders bei den Diatomeen gewaltig. Wie auf dem Meere ist die oberste, an der Luft liegende Schicht am bevölkertsten; doch gehen die pelagischen Formen durch alle Tiefen. Auch hier gibt es, wie im Meere, Tierchen, die bei Nacht an die Oberfläche kommen, um bei Tage in die dunkle Tiefe zurückzusinken, besonders aus der Krebsfamilie der Entomostraca. Die meisten pelagischen Seebewohner sind durchsichtig. Wenn in manchen Seen weiße Kalkniederschläge ebenmäßig in einer tischartig flachen Schicht den Boden bedecken, so bilden die Schalen der pelagischen Seetiere einen großen Teil der Körnchen kohlensauren Kalkes, woraus diese „Seekreide“ besteht.

Die Tiefseebewohner des Süßwassers finden weniger Licht, gleichmäßigere Wärme, eine gleichmäßigere Bodenbeschaffenheit und fast absolute Ruhe. Es herrschen hier also gleichmäßigere Bedingungen und daher auch eine gleichmäßigere Lebewelt. Grüne Pflanzen fehlen in der Regel wegen Mangel an Licht. Der Rasen der Characeen hört in etwa 25 m Tiefe auf, Pflanzenleben überhaupt geht wohl nicht über 100 m hinaus. Kann doch das Wasser auch der reinsten Seen nie so klar und also auch nie so lichtdurchlässig sein, wie das einer so viel größeren Masse angehörige Meerwasser. Forel nennt für die Tiefen des Genfer Sees 14 Fische, 28 Gliedertiere (davon 16 Kruster), 6 Weichtiere, 30 Würmer, eine Hydra, 31 Protozoen. Das Leben nimmt nach der Tiefe ab, aber selbst aus den tiefsten Seen sind Lebewesen schon heraufgebracht worden. Auch die Bewohner der Tiefen unserer Seen erleiden zahlreiche Veränderungen gegenüber ihren anderen Zonen angehörenden Verwandten. Die Schaltiere werden dünnschaliger, Limnaeus hat hier eine mit Wasser gefüllte

1 2 3

Diatomeen. Nach der Natur. 1 u. 2. Kopulation von Frustulia. 3. Kieselskelett von Pleurosigma angulatum.

Lungenhöhle, Fredericella befestigt sich nicht an festen Körpern, sondern liegt im Schlamm. Spärlich sind, wie im Meere, die Bewohner mittlerer Schichten, zu denen die treffend benannte Schwebeforelle (Salmo lacustris) des Bodensees gehört.

5. Die Quellen.

Inhalt: Das Wesen und die Erscheinung der Quellen. — Die einzelne Quelle. — Die Herkunft des Quellwassers. — Das Sammelgebiet der Quelle und die unterirdischen Wege. — Die Durchlässigkeit, das Grundwasser und der Quellhorizont. — Quellenformen. — Schwankungen der Quellen. — Die Quellentemperatur. — Warme Quellen (Thermen). — Die Quellen als Lösungen. — Die geographische Verbreitung der Quellen. — Rückblick.

Das Wesen und die Erscheinung der Quellen.

Das Wasser an der Erdoberfläche ist von dem Wasser unter der Erde nicht zu trennen; beide gehen ohne Unterbrechung ineinander über. Den Quellen liegt es ob, den oberirdischen Teil der Wasserhülle mit dem unterirdischen zu verbinden. Also sind sie uns nicht bloß zufällige, einzelne, kleine Erscheinungen, bestimmt, den müden Wanderer zu laben oder den lyrischen Dichter zu einem Sonett zu begeistern; vielmehr erfüllen sie durch die Verknüpfung der Wasseradern der Oberfläche mit den Wasseradern der Tiefe eine folgenreiche Aufgabe im großen Kreislauf des Flüssigen. Daneben verleihen sie der Stelle, wo sie hervorbrechen, einen besonderen Wert und Charakter, den der Doppelsinn des Wortes Quelle in unserer Sprache ausdrückt: eine schattige, eine verborgene, eine moosumwachsene Quelle sagen wir ebenso oft wie eine kalte, eine warme, eine schwache, eine starke Quelle; einmal meinen wir das hervorquellende Wasser und dann auch den Ort, wo das Wasser hervorquillt.

Lange, ehe die Menschen wußten, was Quellen sind, und wie Quellen entstehen, hat ihr Geist unter dem Einfluß geheimnisvollen Hervortretens des Wassers aus den Erdtiefen gestanden. Mit dem Meer, mit dem Luftkreis, mit dem Mond und mit dem Erdinnersten wurden die Quellen in Verbindung gebracht. Es ist erstaunlich, wie lange sich der Glaube an die gesetzmäßige Beständigkeit ihres Ergusses und ihrer Temperatur erhielt. Aber ist nicht in der That die Quelle das Bild der Beständigkeit in ihrem leichten, regelmäßigen Aufwallen und Abfließen? Sie verbreitet den Eindruck der Ruhe um sich her, zarte Wasserpflanzen wachsen auf ihrem Grunde, Moos überzieht die Felsen, über welche sie ihr Wasser hinleitet. Mitten im steingrauen Kalkschutt oder Geschröff erfreut uns ein braungrüner Moosfleck, eine verschwindend kleine Oase; das ist die Stelle und Spur, wo einst eine Quelle sprudelte, welche jetzt vielleicht längst vertrocknet oder erst im letzten Frühsommer mit der Schneeschmelze versiegt ist. Welch starker, aber erfreulicher Gegensatz zu dem wilden Walten der Gebirgsbäche! Das Beständige der Quellen geht noch tiefer, es spricht sich auch in der Gleichmäßigkeit ihrer Temperatur aus. Im Sommer spenden sie Kühlung inmitten der glühenden Hitze, deren Pfeile von den kahlen Bergwänden abprallen und den Wanderer ermatten. Im Winter sieht man von weitem schon über der Quelle wie weißgraue Gewänder die Nebelstreifen wallen: die Quelle raucht, ihre Temperatur, wesentlich dieselbe wie im Sommer, steht nun vielleicht 30° über der Temperatur der Luft, die immer kälter und kälter in die Thalkessel sich eingesenkt hat.

Aus unserem feuchten Boden, wo man überall in geringer Tiefe Wasser findet, und wo fast überall das Grün der Wälder, Wiesen und Gärten verkündet, daß das befruchtende Naß

nahe ist, quillt so viel Wasser, daß wir Quellen an vielen Orten sehen und keinen sehr tiefen Eindruck von der einzelnen gewinnen. Ihre Klarheit und Frische gefällt uns. Wenn Buchenschatten und moosige Blöcke sie bei ihrem Eintritt in die Tageswelt begrüßen und vielleicht noch Pappeln sich aufrecken, um weithin den kühlen Ort zu verkünden, bekundet sich eine Verbindung von Wasser und Lebensfrische, die uns ebenso wohlthuend berührt wie das stille Hervortreten der Quelle aus der dunkeln Erde. Aber ganz anders erscheinen doch Quellen auf dem weißgelben oder braungelben Boden trockener Länder. Wo die Erde vor Trockenheit in Staub zerfällt, wo der Wind, statt zu erfrischen, unseren Gaumen austrocknet, wo wir zwar das von vertrockneten Kalkkrusten weiße Flußbett, aber darin keinen Tropfen Wasser sehen, da ist der Felsritz, die Spalte, die Vertiefung mit frischem Grün, aus der klares, frisches Wasser rinnt oder auch nur tröpfelt oder gar nur im Sande sich langsam ansammelt, der Mittelpunkt aller Wünsche, ein hochwertvoller Besitz, für manchen Wanderer die Rettung vom Tode des Verschmachtens.

Die Fuldaquelle. Nach Photographie von Junghaus und Koritzer, Meiningen.

In solchen Ländern gehört frisches Wasser zu den besten Dingen, die man dem Wanderer wünscht. Der Neugrieche ruft ihm den Gruß zu „Glückliche Reise und frisches Wasser“ und bezeichnet das Wohlthuendste, indem er sagt: wie frisches Wasser. Wer „lebendiges“ Wasser besitzt, bedauert den auf Zisternenwasser Angewiesenen. Selbst im letzten Gruß an Abgeschiedene wird erfrischendes Wasser genannt, das sie auf der weiten Reise ins Jenseits finden sollen. Die künstliche Bewässerung der Felder, von der das Leben von Millionen Menschen in sommerdürren Ländern abhängt, wird durch Quellen ermöglicht. Wo Quellen sprudeln, kann der Landmann ruhiger zu dem wolkenlosen Himmel hinaufschauen. Er

wird mit dem Bauern des wohlbewässerten Orihuela (in der spanischen Provinz Alicante) sagen: „Llueva ó no llueva, trigo en Orihuela“ (In Orihuela gibt's Weizen, ob es regnet oder nicht). Selbst die Gefilde der Seligen dachte man sich von kühlen Quellen berieselt. Das alte Griechenland hatte die Quellen den Nymphen geweiht, welche die Fülle des Pflanzenwuchses in den feuchten Gründen schufen, und den Musen; mächtige Quellen wurden ohne weiteres als segenspendende Göttinnen begrüßt. In der christlichen Zeit sind an Stelle der Nymphen Maria und die Heiligen getreten; Marienbrunnen sind weit verbreitet, und im istrischen Karst stehen die Sankt Kanziankirchlein bei besonders starken Quellen. Natürlich konnte die Wertschätzung der Quellen nicht bei der religiösen Verehrung stehen bleiben, denn Quellen bedeuten wirtschaftliche Vorteile. Kämpfe um Brunnen zeigt uns die morgenländische Geschichte. In den Wüsten und Steppen sind die Wasserquellen immer auch Machtquellen.

Ein Wasserloch bei Sansibar. Nach Photographie.

quellen. Wo das Regenwasser keine alltägliche Gabe ist und Brunnen nicht an jeder beliebigen Stelle zu erbohren sind, sieht man eine gute Quelle als die notwendige Voraussetzung jeder Ansiedelung an. So faßten es die Griechen auf, die in dem Quellenreichtum von Theben und Korinth einen der größten Vorzüge dieser Städte sahen. Erst die Römer bauten Wasserleitungen in großem Stil, um Quellen von weither zu führen. Aber noch heute sind in allen Mittelmeerländern die Quellen von einem Werte, den man dort nicht ahnt, wo jedes Haus und womöglich jedes Gemach seinen eigenen Brunnen hat. Eine neue Quelle schafft dort neue Lebensmöglichkeiten. Als die Bohrungen der Franzosen im Oued Rhir die Zahl der Brunnen um drei Viertel vermehrten, wuchs sofort die Bevölkerung und die Zahl der Dattelpalmen. Daher finden wir in jenen Ländern auch eine ganz andere landschaftliche Bedeutung der Quellen. Platanen, Trauerweiden, Pappeln sind an der Quelle angepflanzt, die in ein breites Steinbecken rieselt, das oft kunstvoll gebildet ist, und nicht selten sind Steinbänke rings angebracht, da sich um den Brunnen die Bewohner gern versammeln. So findet man sie in Dörfern und an Wegen, wo sie das erfreulichste Werk in der ganzen Kulturlandschaft sind. Man darf nicht vergessen, daß ihr Wert noch gesteigert wird durch die Ungesundheit der zur Sommerzeit von Malaria heimgesuchten Flußniederungen, die in vielen Gegenden die Annäherung an das fließende Wasser erschwert.

Die einzelne Quelle.

Mitten zwischen das oberirdische und unterirdische Wasser gestellt und ein kleines Fädchen nur in dem großen Quellgeäder bildend, ist die einzelne Quelle ein von vielen Seiten her beeinflußtes, schwankendes Wesen. Regen, Schnee, Tau und Nebel nähren sie: ihre Temperatur verdankt sie also zum Teil den Niederschlägen, doch ist auch ein Bruchteilchen Erdwärme und außerdem der Einfluß der Temperatur der Erdoberfläche darin; ihr Gehalt an festen Stoffen stammt zum Teil von dem, was das Wasser im Einsickern mit hinabnimmt, zum Teil führt er auf die Auflösung in der Tiefe zurück. Ist es da zu verwundern, wenn jede einzelne Quelle ein Ding für sich, ein Individuum ist? „Die Quellen sind individuell so verschieden, daß man fast so wenig zwei Quellen von ganz gleichem Charakter als zwei Menschen von ganz gleichem Gesicht findet; und jede Gegend hat wieder ihre besonderen Typen." (Albert Heim.) Die heißen Quellen von Aachen und Burtscheid bilden zwar eine Familie, aber jede hat ihre besonderen Merkmale. Selbst die ganz eng beisammenliegenden Quellen des Kochbrunnens von Burtscheid weichen in Wärme und Salzgehalt voneinander ab. Über den Eigenschaften der einzelnen Quellen stehen die der Quellgruppen, die man als Familienmerkmale bezeichnen könnte, denn es liegt in der Natur des unterirdischen Wassergeäders, daß benachbarte Quellen aufeinander wirken. Man beobachtet bei Mineralbrunnen, die nicht weit voneinander entspringen, daß ein Stoff, der für den einen bezeichnend war, plötzlich, wenn auch vielleicht nur vorübergehend, in einem anderen erscheint. Auch dauernde Veränderungen dieser Art hat man eintreten sehen. Kostspielige Bauten hat man durchgeführt, um Heilquellen soviel wie möglich zu isolieren. Es gibt auch größere Gebiete, deren Quellen alle durch gleiche Eigenschaften der Stärke, der Dauer, der Wärme, des Salzgehaltes ausgezeichnet sind.

Die Herkunft des Quellwassers.

Seitdem Aristoteles die Anziehung der Berge auf die Feuchtigkeit der Luft für die Bildung von wassergefüllten Höhlen verantwortlich machte, aus denen die Quellen hervorbrechen, ist keine Möglichkeit unversucht geblieben, die Quellen mit den anderen Teilen der Wasserhülle der Erde in Verbindung zu setzen. Im Altertum und Mittelalter war am weitesten die Ansicht verbreitet, die Quellen kämen aus dem Meere und kehrten zum Meere zurück. Das Salz des Meerwassers machte dieser Ansicht keine Schwierigkeit. Wo sollte das Steinsalz herkommen, wenn nicht aus der „Läuterung" des in der Erde aufsteigenden und Quellen bildenden Meeres? Man hat auch unbekannte Wasserbecken im Inneren der Erde angenommen. Noch vor wenigen Jahren hat Volger die Ansicht zu vertreten gesucht, die Quellen nährten sich von der in die Erde aufgesogenen und daselbst verdichteten Luftfeuchtigkeit.

Heute wird man die alte Frage fast allenthalben mit der Sicherheit beantworten, die sich auf zahlreiche Beobachtungen gründet, und vielleicht mit denselben Worten wie 1854 Hallmann in dem klassischen Werk „Die Temperaturverhältnisse der Quellen": „Da die Beobachtung lehrt, daß die Quellen durch Meteorwasser gespeist werden, und die Rechnung darthut, daß die Annahme jeder anderweitigen Speisung völlig überflüssig ist, so ist es hinlänglich bewiesen, daß die Quellen nur aus Meteorwasser entstehen." Eigentlich war für den gesunden Menschenverstand die Frage nach der Herkunft der Quellen schon entschieden, als Mariotte durch den Vergleich der Montmartrequellen mit den Niederschlägen ihres Sammelbeckens dargethan hatte, daß ein Viertel der Niederschläge genüge, um diese Quellen zu speisen. Vitruv hatte 1300

Jahre vor Mariotte dieselbe einfache Erklärung gegeben. Man kann aber sagen, daß eigentlich erst nach der Widerlegung der Volgerschen Hypothese der meteorische Ursprung der Quellen sich im ganzen Bereich der Wissenschaft vollständig durchgesetzt hat.

Nicht wenige Quellen sind die Ausflüsse von scheinbar abflußlosen Seen, von Mooren, von Flüssen, die plötzlich versinken. So bezeichnet das auf den Karten von Südafrika wiederkehrende „Fontein" in den meisten Fällen einen zu Tage tretenden Teil eines versunkenen Flusses. In alten Vulkankratern bilden sich Seen ohne sichtbaren Abfluß; ihr Abfluß liegt in Quellen an den Hängen des Vulkanberges. An dem schneereichen Ararat versinkt im vulkanisch lockeren Gestein alles Schmelzwasser, um am Fuße in starken Quellen von erfrischender Kühle hervorzutreten; ähnlich ist es am Demavend. Der Fiume freddo, der am Fuße des Ätna bei Giarra entspringt, kann nur aus den Firnflecken des Vulkans seinen Zufluß beziehen. In allen Karstlandschaften gibt es Seen, die zeitweilig versinken, vertrocknen, wo dann anwachsende Quellen ihr Wasser abführen. Bei Brunnenbohrungen hat das plötzlich emporquellende Wasser nicht selten grüne Pflanzenteile heraufgebracht, die den Zusammenhang mit irgend einem Gewässer der Oberfläche bezeugen. Die in den Brunnen der Sahara häufig vorkommenden kleinen Fische sind dagegen dauernd Bewohner des unterirdischen Wassers. Das Wasser der Noiraigue, im Jura von Neuchâtel, ist ein seltenes Beispiel eines Quellwassers, das die Spuren seiner Herkunft in der dunkeln Farbe trägt; es ist der Abfluß eines Torfmoores, das, wie viele im Jura und in den Voralpen, sich auf undurchlässigem Glazialschutt gebildet hat und von Moränen umwallt ist.

Der Zusammenhang von Quellen mit Flüssen ist oft sehr klar, so wenn im Karwendelgebirge der Engbach im grauen Kalkschutt seines Bettes oberhalb der Hagelhütte versinkt, um weiter unten in jeder Einsenkung quellenartig, oft mit mehreren Quellen nebeneinander hervorzutreten. So entsteht hier ein Mittelding von Quellenreihe und Bach. Nicht ganz so deutlich ist der Zusammenhang des Wassers eines Flusses, das oben versinkt, um weiter unten im Thal als Quellen hervorzutreten; aber die Schwankungen des Rheins zeigen sich ½ km entfernt in den Brunnen von Bonn. Und zum Teil sind heute noch solche Zusammenhänge dunkel wie zwischen der Reka, die bei Sankt Kanzian versinkt, und dem Timavo, der bei San Giovanni entspringt. In vielen Fällen ahnt man sie, weil die Hinkunft der Wassermassen in dem einen Fall ebenso dunkel ist wie die Herkunft im anderen. Bei versinkenden Flüssen, die 10—15 km entfernt als Quellen wieder hervorbrechen, kann man zweifeln, ob der Name Quelle berechtigt ist. Sogar Rechtsfragen sind darüber aufgeworfen worden, als Paris derartige Quellen im Eure-Departement für seine Wasserversorgung ankaufte.

Das Sammelgebiet der Quelle und die unterirdischen Wege.

Die Größe des Sammelgebietes einer Quelle ist niemals genau zu bestimmen. Wir wissen nicht, wie weit die Zufuhradern unter der Erde reichen; auch was von einem bestimmten Raum der Oberfläche einer Quelle oder der anderen zufließt, können wir selten genau bestimmen. Es kommt auch gar nicht auf den Raum allein an, sondern die Beschaffenheit der Gesteine ist von wesentlichem Einfluß auf die Menge des in die Tiefe gehenden Wassers und auf seine Wege. Ein Becken kann an der Oberfläche von einer deutlichen Wasserscheide umzogen sein und empfängt in der Tiefe Zuflüsse aus einem höher liegenden Nachbarbecken. Nur im allgemeinen läßt sich aus der Neigung der oberflächlichen Erdschichten schließen, wohin das darauf niederfallende Wasser fließen wird. Die Kunst der Quellenfinder beruht ganz besonders auf der Fähigkeit, solche Schlüsse auch dort noch zu ziehen, wo die oberflächlichen Merkmale undeutlich sind. Außer den Form- und Höhenverschiedenheiten des Bodens kommt aber seine Beschaffenheit in Betracht, und wo die Erdschichten so verschieden sind und so häufig wechseln wie im norddeutschen Tiefland, setzt das Quellenfinden mehr geologische als topographische Einsicht voraus.

Das Wasser dringt in der Regel nur langsam in die Erde ein. Selbst bei starken Regengüssen erreicht die Feuchtigkeit nicht leicht die Tiefe von 20 cm. Damit in gewöhnliche Ackererde das

Wasser bis zu 30 cm eindringe, muß mindestens 20 cm Regen fallen. Es sind Beobachtungen angestellt worden über die Zeit, welche die Niederschläge brauchen, um in artesischen Brunnen des Pariser Beckens wieder zu erscheinen. Für Entfernungen von 160—200 km waren mehrere Monate nötig. Natürlich hängt dieses Eindringen des Wassers von der Bodenbeschaffenheit ab. Auf Lehmboden bildet jeder Regen Tümpel und Sümpfe, während im zerklüfteten Gestein die schwersten Regengüsse fast spurlos versinken; auf dem lehmigen und schlammigen Boden der Prärien Nordamerikas bilden sich nach größeren Regen vorübergehende Seen von $\frac{1}{2}$—$\frac{3}{4}$ m Tiefe. Je weniger Feuchtigkeit verdunstet, um so mehr vermag in die Tiefe zu gelangen. Darum dringt in unserem Klima viel mehr Feuchtigkeit im Winter in den Boden als im Sommer. Bei einer sechsmal schwächeren Verdunstung gelangen zu gleicher Tiefe im Winter 75 Proz. der Niederschläge, wo im Sommer nur 7—18 Proz. hingelangen. Es wirkt außer der niedrigen Temperatur und der Schneedecke auch noch die größere Menge und Dauer der Niederschläge mit. Sie mögen im Winter weniger ausgiebig sein, dafür sind sie aber gleichmäßiger verteilt. Die Summe der Niederschläge im Sammelgebiet bedeutet sehr viel für die Quelle, aber bei weitem noch nicht alles. Zunächst ist die Art der Niederschläge von Belang. Je langsamer und anhaltender sie fallen, desto tiefer dringen sie ein. Weil feuchter Boden mehr Wasser durchläßt als trockener, wächst die durchdringende Wassermenge mit der Dauer einer Regenperiode. Ein wasserreicher Platzregen ist für die Nährung der Quelle bei weitem nicht so wichtig wie ein dünner Rieselregen von viel geringerer Wassermenge. Schnee, der langsam abschmilzt, ist ebenfalls gut für die Quellen. Ein bewachsener Boden, dessen Pflanzen und faserreiche Erde die Feuchtigkeit zurückhalten, ist besser als ein kahler, ein flacher besser als ein abschüssiger.

Wie weite *Wege* Wasser auf unterirdischen Bahnen zurücklegt, ist natürlich nicht genau zu bestimmen. Aber wenn in nahezu regenlosen Gebieten reiche Quellen hervorbrechen, kann es nicht zweifelhaft sein, daß sie aus einer regenreicheren Zone stammen, die nur entlegen sein kann. Für die Wassermassen, die im Sutrotunnel des oberflächlich so trockenen Nevada hervorbrechen, kann man nur die besser befeuchteten Hochregionen der Sierra Nevada ansprechen. Ein Beispiel von Quellen, die in sehr weiter Entfernung von ihrem Sammelgebiet auftreten, sind die der *Libyschen Oasen* (vgl. die Abbildung, S. 71), die nach Zittel aus den subtropischen Regengebieten stammen, deren Wasserüberfluß auf dem wasserdichten nubischen Sandstein nach Norden rinnt und durch eine leichte Aufbiegung der nördlichen Schichten vom Ausfluß ins Mittelmeer abgehalten wird. Die subtropischen Regengebiete liegen aber nicht viel weniger als 20 Breitengrade von den südlichen libyschen Oasen entfernt, und die Wasserfäden hätten also geradlinige Wege von 2000 km und mehr zu machen. Cailliaud und Russegger hatten die Ansicht der Oasenbewohner für richtig gehalten, daß ihre Quellen aus dem Nil gespeist würden. Erst die Rohlfssche Expedition wies nach, daß die Oasen höher als der Nil in gleicher geographischer Breite liegen.

Die Durchlässigkeit, das Grundwasser und der Quellhorizont.

Für das Grundwasser und die Quellen kommt nicht das unendlich fein in allen Gesteinen verteilte Wasser in Betracht, sondern nur das Wasser, das in sichtbaren Mengen in die Erde dringt und die Erde wieder verläßt. Dieses durchfließt und durchsickert einige Gesteine und bleibt vor anderen stehen, die wir praktisch undurchdringlich nennen können. Darin beruht seine ungleiche Verteilung und ein großer Teil der Bewegungen, die es ausführt. In diesem Sinne undurchdringlich sind alle Thone und Mergel, auch die stark thonigen Sandsteine, viele Granite und andere kristallinische Gesteine, Schiefer, thonige und mergelige Kalksteine. In Cornwallis und in der Bretagne gibt es auf beiden Seiten des Ärmelkanals Bergwerke, deren Gänge nur noch durch ein paar Meter Gestein von dem Meere getrennt sind; man hört dort die Brandung brüllen, aber die Gänge sind trocken. Bei der Durchbohrung des Mont Cenis hat der 12,2 km

lange Tunnel Schichten in 50° Neigung von Kalkschiefern, Talkschiefern, massige Kalksteine, Sandsteine, Dolomit, Anhydrit durchbrochen, ohne daß die gefürchteten Wassereinbrüche stattfanden. Man hatte weniger Wasser, als man brauchte.

Alle Gesteine sind durchlässig, deren Teilchen dem Wasser Wege bieten. Der Kies, der Sand, der arm an Thon ist, der Sandstein ohne thoniges Bindemittel, die zerreibbare Kreide, die vulkanischen Tuffe und Schlacken, endlich der Torf sind in dieser Weise durchlässig. Eine andere Art von Durchlässigkeit ist die der Gesteine, die von großen Spalten durchsetzt sind, in die das Wasser in Massen hinabstürzt. Blockanhäufungen, Laven, zerklüftete Kalksteine zählen dazu. Solche Gesteine können zu den dichtesten ihrer Art gehören, wie der lithographische Schiefer, und behalten doch keinen Tropfen Wasser an der Oberfläche. Das Wasser geht „in ihre Klüfte hinein, man weiß nicht wohin", und sinkt in ihnen, bis es auf ein Gestein von geringerer Durchlässigkeit trifft. So sinkt es im Buntsandstein Hunderte von Metern durch den porösen Sandstein und sammelt sich über dem schieferigen Thon an, der überall in dieser Formation den Sandstein unterlagert. Aus diesem Thon brechen daher die Quellen in den Vogesen und in der Hardt so gut wie im Odenwald und im Spessart hervor. Und ebendarum sind auch in England die Triassandsteine als wasserreich bekannt. So sinkt das Wasser durch die sehr durchlässige Schreibkreide und tritt über dem unterlagernden Mergel zu Tage.

Die Bunaquelle bei Blagai, Herzegowina. Nach Photographie von Forster. Vgl. Text, S. 65.

Zu der Durchlässigkeit kommt die Anziehung, welche die kleinsten Teile des Bodens auf das sie umgebende Wasser ausüben. Je mehr Adhäsionsflächen diese Teilchen dem zwischen ihnen durchsickernden Wasser bieten, desto fester halten sie es. Darauf beruht die Fruchtbarkeit der Löße und Lehme, darauf auch die Kapillarität dieser Bodenarten, in deren feinsten Spalten die Wasserfäden befruchtend emporsteigen.

Das in die Erde dringende Wasser sammelt sich auf den weniger durchlässigen Schichten in Becken oder über Flächen an, so daß man es beim Graben bis zu einer bestimmten Tiefe

erreicht. Es wird in der Regel keine unterirdischen Seen und Flüsse bilden, sondern im festen Gestein Spalten ausfüllen und lockeres Gestein durchtränken. Um vom Grundwasser als einer zusammenhängenden Wassermasse sprechen zu können, muß man das Wasser in wenig porösem Gestein ausschließen; eigentliches Grundwasser wird man also nur in lockeren oder sehr porösen Gesteinen oder frei in unterirdischen Becken oder Höhlungen finden. Nur hier sammelt sich das einsickernde Wasser zu großen zusammenhängenden Massen, die je nach der Gestalt des undurchlässigen Grundes wie Seen (s. Abbildung, S. 64) stehen, oder wie Flüsse oder selbst Ströme fließen. Nicht übersehen darf man dabei die besonders auch praktisch wichtige Thatsache, daß in den lockeren Gesteinen minder durchlässige Einlagerungen vorkommen, die das Grundwasser so

Das „Blaue Wasser", die Quelle des Ikue, Zufluß des Sambesi in Marutse-Land (Zentralafrika). Nach Photographie von Captain Bertrand. Vgl. Text, S. 66.

durchsetzen, daß stockwerkartige Trennungen der ganzen Grundwassermasse entstehen. Und ebenso ist bei der Frage der Wassergewinnung aus einem bestimmten unterirdischen Bezirk des Vorkommens von trennenden Querwänden zu gedenken, welche die Grundwassermasse kammerartig zerteilen und außerdem im stande sind, den Grundwasserspiegel in nahe bei einander liegenden Gebieten sehr verschieden hoch zu legen. Die Bedingungen der Wasserverteilung an der Oberfläche setzen sich in die Tiefe hinab fort und regeln dort die Verhältnisse in ähnlicher Weise: große Grundwasserströme begleiten den Lauf oberflächlicher Ströme, wenn diese in breitem schuttreichen Bette fließen. So ist der Oberrhein von Basel abwärts von Grundwasserströmen rechts und links begleitet. Nicht bloß die Themse durchfließt das Londoner Becken, sondern auch eine große Grundwassermasse. Breite und tiefe Grundwasserströme fließen aus den sabinischen und latinischen Bergen dem Tiber zu. Die Grundwasserströme alter, oberflächlich trockener Thäler vertreten dort gewissermaßen den oben verschwundenen Strom in der Tiefe.

Die Beständigkeit vieler Quellen, auf die sich selbst die Massenversorgung der Großstädte stützen kann, beweist, wie mächtig die Wassermengen sein müssen, die in der Tiefe stehen und

fließen. G. Bischof nahm an, daß die eingeschlossenen Wassermassen unter dem Teutoburger Wald einen See von gleichem Flächenraum und gegen 40 m Tiefe bilden, und die Grundwassermengen, die neben und unter dem Rhein den Kies und Sand des Oberrheinischen Tieflandes durchströmen, sind um ein Mehrfaches größer als die des Rheines selbst.

In einem tief gelegenen Land steht das Grundwasser überall in geringer Tiefe. Holland hat das Grundwasser an der Oberfläche in den Mooren und nahezu an der Oberfläche in den Meeresanschwemmungen, in 1—2 m Tiefe in vielen Flußanschwemmungen. Dieses Grundwasser kann so nahe an der Oberfläche liegen, daß es bei jedem stärkeren Regen hervordringt. Im äquatorialen Afrika haben wir derartige Gegenden, wo große Zuflüsse des Kongo und Sambesi wie aus riesigen, wasserüberfüllten Schwämmen ohne Unterlaß herausquellen (s. die Abbildung, S. 65). Die Moore Oberbayerns und Ostpreußens sind ebenfalls durch zur Oberfläche tretendes Grundwasser entstanden. Auch die hochgelegenen Moore der Gebirge gehören hierher, echte Quellmoore (Sasa in den innerasiatischen Gebirgen), die Wasser nach allen Seiten abrinnen lassen. Steht das Grundwasser zeitweilig hoch, dann bilden sich in Gebieten ohne starken Abfluß Seen, die beim Sinken des Grundwassers sich wieder in Sümpfe verwandeln. Der Neusiedler See ist ein solches schwankendes Gebilde. Und wenn das Grundwasser noch höher steht, dann bildet es dauernde Seen von wenig schwankendem Höhestand, Grundwasserseen, wozu viele Seen des baltischen Höhenrückens gehören. Der Wasserspiegel solcher Seen und Moore ist dann ein Teil eines größeren Grundwasserspiegels, der beim Hervortreten alle Formen annimmt, vom kristallklaren Quellsee bis zum gelben Tümpel, auf dessen seichtem Wasser der Schaum von Schleimalgen schwimmt, der aber wunderbarerweise nicht austrocknet.

Beim Überblick über ein welliges Land gewahren wir in einigen Vertiefungen ein lebhafteres Grün, eine üppigere Vegetation oder einen bräunlichen Ton, der durch Binsen, Wollgräser und andere feuchtigkeitliebende Pflanzen erzeugt ist, endlich auch nur dunklere Färbungen, die offenbar die Feuchtigkeit hervorbringt. Diese Abschattierungen werden wir noch deutlicher in einem trockenen Sommer wahrnehmen, wo der Stand und das Grün der Ackerfelder den feuchteren Boden vom trockneren schon von weitem unterscheiden lassen. Das ist ein Durchscheinen und ein Heraufdringen und -wirken des Grundwassers. In weiten Gebieten ist dagegen für die Oberfläche das Grundwasser praktisch bedeutungslos, da es zu tief liegt oder seine Masse zu gering ist. Da leben dann nicht bloß die Äcker und Gärten vom Regenwasser, sondern auch die Menschen trinken nur dieses, das sie in Zisternen sammeln, wenn nicht in den geographischen Verhältnissen die Möglichkeit der Herleitung wenigstens des Trinkwassers aus besser versorgten Gegenden gegeben ist. An anderen Orten reichen die Niederschläge selbst dafür nicht aus, und da sind wir denn in der Wüste. Brunnen, Quellen, Flüsse und Tümpel sind in der dsungarischen Wüste nur voll zu finden, wenn die Schneeschmelze sie gefüllt hat, im Herbste trocknen sie aus. Die Fruchtbarkeit der Oasenkette von Chami und ähnlichen Gebieten Zentralasiens hängt daher ganz vom Schneefall ab, der aber in diesen hochgelegenen Steppenländern sehr unzuverlässig ist.

Das Grundwasser steht nicht immer in gleicher Höhe, es steigt mit der Zunahme der Niederschläge und sinkt mit der Zunahme der Verdunstung. Diesen Schwankungen wohnt eine große praktische Bedeutung dadurch inne, daß ein Zusammenhang zwischen ihnen und epidemischen Erkrankungen in dem Sinne nachgewiesen ist, daß beim Sinken des Grundwassers die Epidemien zunehmen, beim Steigen abnehmen. Außerdem sind aber diese Bewegungen noch in einem anderen Sinne interessant, denn sie zeigen deutlicher als alles andere den Zusammenhang mit den Niederschlägen. Das Grundwasser verhält sich zu ihnen wie das Fluß- und Seenwasser, und ebenso übt auf den Grundwasserstand die Winterfeuchtigkeit des Bodens einen ähnlichen Einfluß aus, wie auf die Flüsse die Schneeschmelze. In artesischen Brunnen hat man Schwankungen beobachtet, die man ähnlich wie die „Seiches" der Seen mit den Schwankungen des Luftdrucks zusammenbringt.

Wo die Oberfläche der Erde aus undurchlässigen Gesteinen besteht, da kann das Wasser nur einsinken, wo zufällig Spalten sind. Im übrigen steht auf solchem Boden das Wasser in den Wannen und Gruben wie in Zisternen. Nachtigal erzählt von einer solchen Zisterne auf der

Spitze eines Felsenhügels in Kordofan. Die Alpenwanderer kennen in unseren Kalkgebirgen solche natürliche Wasserbehälter, die in quellenarmen Gebieten hochgeschätzt werden, wie das Vogelbad im Kaisergebirge. Unzählige seichte Quellen, die jeden Sommer früh versiegen, kommen aus Tümpeln, die in flachen, sandbedeckten Höhlungen des Bodens stehen. Im Granitboden sind sie besonders häufig.

Die weniger durchlässige Unterlage, auf welcher die durch eine poröse Überlagerung durchgesickerten Wässer hervortreten, ist oft auf weite Entfernungen in derselben Höhe zu verfolgen, und die Quellen treten dann in derselben Höhe zu Tage. Diese quellenreiche Grenzlinie verdeutlicht das, was man **Quellhorizont** nennt. Nicht überall reicht die Menge des Wassers hin, um Quellen zu bilden, aber ein feuchter Streifen läßt dann die Grenze erkennen. Zahlreiche Quellen können in einem solchen Horizont nebeneinander auftreten. Geologische Schichten, die an sich wenig bedeuten, erwerben eine unverhältnismäßige Wichtigkeit als undurchlässige Schicht, auf der sich das Quellwasser sammelt, so der tertiäre Mergelsand, den man in der Münchener Gegend Flinz nennt, und der dort überall den Quellhorizont bildet. In weitverbreiteten Formationen, die sich überall aus denselben durchlässigen und weniger durchlässigen Schichten aufbauen, liegen die Quellhorizonte immer an derselben Stelle, so daß wir aus der geologischen Karte unschwer schließen können: hier sind Quellen, dort fehlen sie (s. die obenstehende Karte). Für das von oben eindringende Wasser bedeutet die Oberfläche des in der Tiefe stehenden Wassers ebenfalls einen Horizont. Man kann nicht gerade sagen, das Stauwasser ersetze die undurchlässige Schicht, doch wird man sagen können: das Stauwasser setzt die Undurchlässigkeit nach oben hin fort.

1:50 000 — Kilometer

Wechsellagerung durchlässiger, halbdurchlässiger und undurchlässiger Gesteine (Keuper, Lias, unterer Dogger etc.) Diluvialer Kies, vorwiegend durchlässig. Meeresmolasse, Malmkalk, Hauptrogenstein, Arietenkalk, Muschelkalk, insgesamt vorwiegend durchlässig. Undurchlässige Grundmoräne am Ufer der Reuß. △ Gefaßte Quellen. ○ Nicht gefaßte Quellen. ● Sode. Horizontalen von 20 zu 20 m. ----- Hilfskurven.

Quellenkarte der Umgebung von Brugg. Nach F. Mühlberg.

Wo der Röt den Muschelkalk unterlagert, ist ein in Deutschland weitverbreiteter **Quellhorizont**, und ein anderer ist dort, wo den Buntsandstein die roten Schiefer oder thonigen Sandsteine unterlagern, oder wo er, wie in vielen Teilen des unteren Schwarzwaldes, auf Granit ruht. England speist aus diesen Horizonten einige seiner größten Wasserleitungen. Wo Basaltgänge den durchlässigen Kalk der Rauhen Alb durchsetzen, sammeln sie Wasser an, und fast alle die Quellen dieses wasserarmen Gebietes verdanken ihnen ihr Dasein. Wo in der Po-Ebene die Dicke der Geröllschichten und die Größe der Geschiebe abnimmt, tritt mit den Thonunterlagen das Grundwasser höher herauf, und zahlreiche Quellen schaffen den

fruchtbaren Streifen von der Sesia bis zur Etsch, den man als „Fontanili“ bezeichnet. Ein großer Teil des lombardischen Reisbaues hat in ihm seinen Sitz.

Quellenformen.

Wenn die Wässer bis auf eine geneigte, undurchlässige Schicht hinabsinken und dann auf dieser Schicht hinfließen, bis sie das Ausgehende derselben erreicht haben, wo sie hervorquellen, entstehen Schichtquellen. Das sind die einfachsten, in allen Gebirgen und Hügelländern weitest verbreiteten Quellen (s. die Karte, S. 67). Es sind auch durch die Schärfe ihres Quellhorizontes die am deutlichsten hervortretenden und am leichtesten zu findenden Quellen. Nicht immer liegt die wassersammelnde Schicht offen am Abhang eines Höhenzuges, wie so oft in unseren regelmäßig gebauten Kalk- und Sandsteingebirgen, so daß man die Quelle an ihr hin verfolgen kann. Die wasserspendende Grenze zwischen ihr und der darüberliegenden durchlässigen Schicht kann auch in den Thalgrund fallen, wo sich dann auf wenig geneigtem Boden gern Quellteiche sammeln. Nur eine Abart dieser einfachsten aller Quellen sind die Überfallquellen, die entstehen, wenn Wasser in einer muldenförmigen Schichtenbiegung sich sammelt, bis es auf mehreren Seiten oder einer überfließt. Die Schichtung sammelt nicht nur die Quellen, sondern weist ihnen auch die Wege, und von der Neigung der Schichten hängt auch der Quellenreichtum ab, der in demselben Gebirge verschieden groß sein kann. Wo der Fall der Schichten in das Gebirge hinein gerichtet ist, herrscht Armut an Quellen, wo der Schichtenfall aus dem Gebirge herausführt, da sprudeln sie etagenweise übereinander hervor, oder es tröpfelt wenigstens aus allen Fugen. Ganze Thäler sind quellenarm, weil die Schichten von ihren Hängen wegfallen (antiklinale Thäler). Die Verwerfungsquellen sind eine eigentümliche Abart der Schichtquellen. Auch hier treten längs einer Spalte Quellen in größerer Zahl hervor, und man kann Quellhorizonte Hunderte von Kilometern verfolgen. Aber das ist nicht die Grenze zweier Schichten verschiedenen Alters und Ursprungs, sondern die Spalte einer Verwerfung, an der nach eingetretenem Bruch Schichten, die einst zusammenhingen, sich aneinander verschoben haben (s. Bd. I, S. 244). Durch solche Verwerfungen ist der alte Zusammenhang wasserführender Schichten unterbrochen, durchlässige sind in unmittelbare Berührung mit undurchlässigen gebracht worden. So steigt denn das nach Auswegen suchende Wasser einer durchlässigen Schicht in der Verwerfungsquelle empor oder sinkt herab, bis es als Quelle austritt. Es genügt übrigens, daß bei der Verwerfung eine leichte Zerreibung des einen Gesteines an der Spalte dessen Poren verstopfe, um eine undurchlässige Wand zu schaffen. Die berühmteste Reihe von Verwerfungsquellen und zugleich eine der größten bilden die in allen Wärmeabstufungen am Südfuß des Erzgebirges zwischen der Elbe und dem Fichtelgebirge hervortretenden Quellen, zu denen von Teplitz bis Karlsbad und Elster die vielgenannten Thermen Nordböhmens gehören. Die durch das Absinken des alten Südteiles des Erzgebirges hier entstandene Verwerfungsspalte hat man treffend als „Thermalspalte“ bezeichnet. Schon die Südwest-Nordostrichtung dieser Reihe zeigt den Zusammenhang mit der Gebirgsbildung. Die einfachen Erosionsspalten, wie sie besonders im Kalkgebirge vorkommen, sind oft schwer von den Verwerfungsspalten zu unterscheiden; wenn sie bis auf die Sammelbecken hinabreichen, geben sie Anlaß zu einfachen Spaltenquellen.

Viele Quellen treten aus Höhlen hervor (s. die Abbildung, S. 69); die Vaucluse (s. die Abbildung, S. 74) ist der bekannteste Fall. Diese Höhlen kann man oft weit verfolgen. Auch lassen uns die Wassermassen solcher Höhlenquellen annehmen, daß tiefer in der Erde noch andere, unbekannte Höhlen sein müssen, die als Sammelbecken wirken. Es gibt also eine mehrfache Verbindung der Quellen mit Höhlen.

Dazu kommt noch, daß die Erweiterung einfacher Gebirgsspalten zu Höhlen das Werk von Quellen ist, deren Wasser durch seine Lösungskraft, seinen Druck und seine Kohlensäure die Spalten ausgeweitet hat. Daher

Der Ursprung der Bistrica, Herzegowina. Nach Photographie von Laforest. Vgl. Text, S. 68.

treten Quellen nicht bloß am Ausgange von Höhlen auf, sondern wir sehen sie auch dort, wo Höhlen durch Einbrüche einer Gesteinsdecke gebildet wurden, als Ausschnitte unterirdischer Flüsse aus einer Höhle hervortreten und in eine Nachbarhöhle hineinfließen.

Zu den eigentümlichsten Quellen gehören die Heberquellen, deren Sammelbecken mit einem System von Ausflußadern zusammen einen heberartigen Kanal bilden. Es folgt natürlich, daß sie mit Unterbrechungen fließen, wenn nicht in ihrem unterirdischen Sammelbecken das Wasser durch regelmäßigen Zufluß auf derselben Höhe gehalten wird. Da dieses selten der Fall sein wird, sind diese Quellen durch einen Wechsel reichlichen Fließens und völligen Versiegens ausgezeichnet. Wenn nach langer Trockenzeit ausgiebige Regen das Sammelbecken gefüllt haben, so beginnt plötzlich ein reichliches Quellen von dem Augenblick an, wo der Wasserspiegel die obere Biegung des Heberrohres erreicht hat. Der Schwabe auf der Rauhen Alb sagt von solchen Quellen: „das Überaich macht sich Luft". Ihr Hervorbrechen ist nicht unbedenklich, denn sie überfluten mit Bächen, die Mühlenräder treiben könnten, die nahegelegenen Ortschaften. Wenn solche Quellen regelmäßig schwankenden Zufluß empfangen, etwa von tagsüber schmelzenden Gletschern oder Firnflecken, dann nehmen auch ihre Unterbrechungen einen regelmäßigen Charakter an, und das Wasser tritt in bestimmten Zwischenräumen hervor, als ob eine pulsierende Bewegung es triebe. Östlich von Magitap in Westaustralien gibt es sogar einen „Nachtbrunnen", der nur bei Nacht Wasser abgibt, was Woodward durch das Schließen der Spalte bei der Erwärmung des Felsens zur Tageszeit erklärt. Hängen mehrere unterirdische Quellbecken durch heberartige Spalten zusammen, so mag das Ausfließen in kürzeren Zwischenräumen stattfinden. Es gibt Quellen, die in regnerischen Zeiten mit Unterbrechungen von 10—15 Minuten fließen.

Eine eigene Art von Quellen sind die Schuttquellen. Ihr Wasser sickert durch Schuttlager, bis es auf der festen Unterlage angekommen ist, um dann am Fuße einer Schutthalde hervorzuquellen. Solche Quellen sind kühl, da ihr Wasser aus der Höhe herabkommt und durch Verdunstungskälte sich abkühlt, und in vielen Fällen sind sie reichlich. Da sie aber stark abhängig zu sein pflegen von den Niederschlägen, die im Schutte keine großen Wasseransammlungen veranlassen können, sind sie sowohl an Wassermenge als an Wassertemperatur ungleich; viele fließen nur in bestimmten Jahreszeiten.

Diese Quellen sind besonders zahlreich in allen trockenen Ländern der Erde, wo die Zersetzung der Erdrinde mehr Schutt liefert, als durch das fließende Wasser weggeschafft werden kann, z. B. in den Dünenregionen und den rasch zerfallenden Kalkgebirgen. Wo Granite und Schiefergesteine langsam von der Oberfläche her zerfallen sind, dringt das Wasser bis auf das unzersetzte Gestein in die Tiefe und bildet am Schuttrande Quellen. Lavaströme und die mit ihnen häufig verbundenen Tufflager wirken in der Regel wie große Schuttlager; das Wasser versinkt in ihnen, und es erscheint erst dort der Quellenreichtum, wo sie sich mit ihrer Unterlage berühren. So finden sich zahlreiche Quellen auf dem französischen Zentralmassiv überall an der Grenze zwischen den alten Lavaströmen und ihrer granitischen Unterlage. Die große Quelle von Royat, die aus einer Höhle der Säulenlava hervortritt, ist nur eine von vielen, die am Fuß des Puy de Dôme unter gleichen Bedingungen entspringen. Der grüne Kranz der Gärten und Felder um den Fuß des Ätna gedeiht nur durch die von starken Quellen ausgehende Bespülung. Der obere und mittlere Teil des Ätna ist quellenarm, das Wasser des schmelzenden Schnees, der jenseits von 2000 m häufigeren Niederschläge und der Wolkennebel sickert durch. Daher im Sommer der Blick vom Gipfel auf den braunen Berg zu unseren Füßen und darüber hinaus über das gelbe Inseldreieck und zwischen gelb und braun auf das Grün des reichbevölkerten Quellengürtels. Ähnlich sind die oberen Abschnitte des Kilimandscharo und des Piks von Tenerife quellenlos. Schon Reinhold Forster betonte die Quellenlosigkeit der vulkanischen Freundschaftsinseln und des Ostereilandes gegenüber dem Quellenreichtum des Feuerlandes und Neuseelands.

Je trockener die Sandländer im ganzen sind, um so wichtiger werden die Quellen im Sand. Sand hält Wasser besser, als seine trockene Außenseite glauben läßt. Im Sand versickert der Regen, sowie er fällt, und sinkt bis zu einer Schicht, die mit Wasser bereits gesättigt ist. Diese Schicht wiederholt in den Dünen die Wellenprofile der Oberfläche in abgeschwächtem Maße.

Ihr Wasserreichtum nimmt nach oben zu ab, ist aber selbst im trockensten Monat groß genug, um z. B. den Weinbau in den Sanddünen des Languedoc zu gestatten. Bei Aigues Mortes hat man nach dreimonatiger Trockenheit 20 Prozent Wasser im Sand bei 2 m Tiefe gefunden. Foureau fand in der Sahara bei Ain-Taba unter einer feuchten Schicht, die er auf den letzten Winterregen zurückführte, eine trockene und dann wieder eine feuchte, die er den vorletzten Winterregen zuschrieb: gleichsam Jahresringe von Feuchtigkeit. So ist es möglich, daß selbst in den

Quelle in der Oase zu Farâfrah in der Libyschen Wüste. Nach Photographie von Remolé. Vgl. Text, S. 72.

Wüsten grüne Streifen, die Kamelfutter liefern, den Fuß der Dünen umgürten, und daß die Buschmänner der Kalahari aus scheinbar trockenem Sand durch lange Röhren Wasser saugen. Im allgemeinen ist der Wüstensand der Sahara wasserreicher als die felsige Hammada oder der Thonboden Turkestans oder Südaustraliens. Die Hirten suchen die Sanddünen, in deren Vertiefungen ihre Herden Weide finden. Tropfenweise quillt hier das Wasser empor, einen Trunk in einem Tage liefernd. Wenn in dem undurchlässigen Boden, den Sand bedeckt, Höhlungen eingesenkt sind, sammelt sich darin das Wasser und rinnt durch den Sand ab, lange nachdem jeder Zufluß aufgehört hat, wie man das im Quellgebiet des Okavango beobachtet hat. Wo aber die Dünen so gelagert sind, daß sie eine größere undurchlässige Vertiefung einschließen, da kann mitten in

der Wüste ein See sich bilden. In den Sanddünen von Edeyen hat Duveyrier zehn kleine Seen gefunden. Um die Möglichkeit dieser Ansammlungen zu verstehen, muß man sich erinnern, daß der Sand ein ebenso schlechter Wärmeleiter wie ein guter Wasserleiter ist. Schon in 35 cm Tiefe kann die Temperatur 20° sein, wenn sie an der Oberfläche des Sandes 40° beträgt.

Wo in der Wüste Wasser hervortritt, entsteht eine Oase (vgl. die Abbildung, S. 71). Das ist also zunächst eine quellenhafte Erscheinung. Daher sind auch für die Oasenbildung die Anlässe so mannigfaltig wie für die Quellenbildung. Indem die Lage unter der Umgebung eine Annäherung an die wasserreicheren Schichten der Tiefe ist, entstehen Oasen, die von Gebirgen, wie Borku, von Dünen, wie Arauan, von Hochebenenrändern, wie Ghadames und Siwah, umrandet sind. Die Oasen in Flußläufen (Tuat) und auf schiefen Ebenen sind verwandt, dagegen sind die Gebirgsoasen, wie Ahaggar, Aïr oder Asben größtenteils klimatisch bedingt, wenn auch Quellen und quellenartig an die Oberfläche hervortretende Flußabschnitte zu ihrer Feuchthaltung beitragen. Die Möglichkeit der Oasenbildung hängt natürlich von der Höhenlage des Wasserspiegels ab. Daher finden wir Wüste bei tiefer Lage des Wasserspiegels, während der Übergang in die fruchtbareren Regionen mit dem Heraufsteigen des Wasserspiegels Hand in Hand geht. So ist es bei dem Überschreiten der Nordgrenze von Fessân, wo man zuerst wieder im Thale Omel Abid süßes Wasser wenige Meter unter der Oberfläche bei salzigem Alluvialboden findet, dessen Oberflächenwasser natürlich salzig ist. Ebenso steigt nach Süden der Grundwasserspiegel und bringt zwischen Mursuk und Kuka Wasserstellen alle zwei Tagereisen, während nördlich von Mursuk fünf Tagereisen zwischen ihnen liegen. Unter solchen Umständen mußte ein beträchtliches Sinken des Grundwassers, in der tunesischen Sahara angeblich um 3 m im Laufe des 19. Jahrhunderts, verderbliche Folgen haben. Von seltsamen Oasen berichtet Dr. Pfund nach einer Angabe Ismael Paschas (des ersten Hokumdar von Dar For), der erzählt, daß einzelne der hohlen Adansonien, wie sie am Wege über Abu Haras nach Dar For stehen, Wasser für 2000 bis 3000 Menschen oder 800 Menschen mit ihren Tieren enthalten. Dies sogenannte Hommerwasser wird für besonders gut gehalten und vertritt die Stelle des Wassers gegrabener Brunnen.

In Griechenland, Albanien, Dalmatien, wo so viele Quellen in großer Tiefe liegen, gibt es auch Quellen im Meere, die ihr Dasein nur durch die Abkühlung und Aussüßung des Wassers verraten. Ebendort entspringen Quellen am Strand, in deren Wasser Meerwasser eingetreten ist, das mit in die Höhe geführt wird, weshalb sie salzig sind. Beide Arten von Quellen werden an zerklüfteten Küsten nicht selten sein. An Flachküsten mit lockerem Boden dringt Salzwasser ein und macht die Quellen brackig. In Delft hat das Wasser in 22 m Tiefe fast dieselbe Zusammensetzung wie das Nordseewasser. Quellen in der Nähe des Meeres steigen und sinken mit Flut und Ebbe, die ihren Ausfluß in der Nähe des Meeresspiegels bald hemmen und bald begünstigen. Doch liegen auch Erfahrungen dafür vor, daß starkes Grundwasser der Dünen oder sandbedeckter Koralleninseln durch seinen Druck das Meerwasser zurückdrängt, und zwar selbst dann, wenn es die Gezeitenbewegungen mitmacht.

Riesenquellen. Die Neugriechen haben einen eigenen Namen für große Quellen, die an seltenen, weit zerstreuten Stellen aus dem Kalkgebirge hervortreten. Sie nennen sie Kephalari, d. h. Hauptquellen. Solche Quellen sind bezeichnend für Griechenland, die ganze westliche Balkanhalbinsel, die südöstlichen Alpen und für viele andere Kalkgebirge. Wir kennen sie auch aus dem Jura (s. die Abbildung, S. 73) und aus der Rauhen Alb. In allen diesen Ländern und Landschaften liegt klüftiger, rissiger Kalkstein zu Tage, in dessen Spalten und Trichtergruben das Regenwasser ungemein rasch verschwindet; es sammelt sich dann von einem weiten Gebiet in den

unterirdischen Gängen und Höhlen und bricht an der tiefsten Stelle der Grenze zwischen diesem Kalk und einem weniger durchlässigen Gestein hervor. Es entsteht also der Gegensatz zwischen einer wasserarmen Oberfläche und einem Wasserreichtum in der Tiefe, der an wenigen Stellen in starken Quellen sich äußert. Das Oberflächenwasser wird auf wenige tiefgelegene Stellen konzentriert, und diese Quellen sind daher nicht bloß wasserreich, sondern auch sehr beständig.

Zu ihnen gehören Quellen, die seit Jahrtausenden durch ihre Stärke und Beständigkeit berühmt sind, wie die des Timavo am Nordrand der Adria, die Vaucluse am Fuß der Westalpen, aber auch von unseren einheimischen Quellen bescheidenere Erscheinungen, wie der Blautopf von Blaubeuren und die Quellengruppe von Paderborn. Die Quelle der Vaucluse (s. die Abbildung, S. 74) entspringt am Fuß eines 200 m hohen Kalkfelsens, der Neocomformation, der ein schmales Thal plötzlich abschließt. Wahrscheinlich kommt von diesem Thalschluß, Vallis clausa, der Name Vaucluse. Das Quellbecken ist ein fast kreisrunder Trichter, der sich in eine tiefe Höhle fortsetzt. Im Frühling, wo die Quelle durch die Schneeschmelze am stärksten ist, steht ihr Wasserspiegel am oberen Rande des gewölbten Thores der Höhle; im Spätherbst dagegen sieht man durch dieses Thor in das Innere der Höhle und erblickt einen See, der sich in der Dunkelheit verliert. Niemand hat bis jetzt seine Tiefe gemessen. Die Quelle liegt, ob ihr Wasser hoch oder tief steht, immer in vollkommener Ruhe. „Nichts stört ihre tiefe Ruhe und ihre kristallene Klarheit" (Daubrée). Erst weiter unten stürzt ein Teil ihres Wassers, der durch Spalten entwichen ist, in zwanzig schäumenden Bächen in das Thal. So entsteht der Fluß Sorgue, der sich in der Gegend von Avignon in die Rhône ergießt, nachdem er 200 Werke getrieben und 2000 Hektar bewässert hat. Der Erguß dieser Quelle ist in den größten Trockenzeiten nicht unter 5,5 cbm in der Sekunde gesunken, ihre Klarheit ist fast unveränderlich, ihre Temperatur schwankt nur zwischen 12 und 14°; auch ist sie sehr fischreich. Man begreift also, daß sie nicht bloß berühmt ist, sondern im Altertum sogar als Göttin verehrt wurde. Ihre Lage in einer dürren Felswüste, am Fuße

Die Orbequelle im Schweizer Jura. Nach dem photograph. Atlas der Schweiz. Vgl. Text, S. 72.

einer Landschaft, wo die spärlichen Dörfer nur Zisternenwasser haben, macht sie samt ihrem Thal zu einer wahren Oase.

Am Nordrand der Adria bricht der Timavo in der Breite von 46 m mit drei Armen aus dem Kalkfels hervor und bildet einen Strom, in den Schiffe vordringen, und eine Viertelstunde weiter abwärts vereinigt er sich mit dem Meer. Ist es ein Wunder, daß die Vorzeit hier die Quelle sah, durch deren beständigen, mächtigen Erguß das blaue Rund des Ozeans gefüllt ward, und daß sie hier einen Tempel dem im Meere verschollenen Diomedes baute, dessen Gefährten Sturmvögel geworden waren? Der Timavo eröffnet ein Gebiet, wo ähnliche Quellen keine Seltenheit mehr sind. Gleich die Reka bei Fiume ist vom Ursprung an für kleine Dampfer schiffbar, und der Ursprung der Piva ist ein See, den unterirdische Zuflüsse nähren. In Schwaben nennt man die großen Quellen, zu denen sich das in der Spalte der Rauhen Alb versinkende Wasser sammelt, Töpfe. In

Der Austritt der Vaucluse aus der Grotte. Nach Daubrée. Vgl. Text, S. 68 und 73.

großen, felsumkränzten, schweigenden „Töpfen" entspringt eine ganze Reihe von Donauzuflüssen vom Südabhang der Rauhen Alb. Der Blautopf bei Blaubeuren ist die bekannteste von diesen Quellen. „Eschen- und Ahornbäume überwölben als ein Heiligtum den kreisrunden, tiefen Quellsee, dessen Farbe sich mit der Tiefe zum schönsten Himmelsblau steigert. Aus unbekannten Quelllöchern erneuert sich das Wasser so stark, daß ein großer Strom beständig überfließt" (Paulus). Kein Wunder, daß solche Quellen stark und beständig fließen, wenn ganze Flüsse versinken, um sie zu speisen: Die Donau verliert bei Tuttlingen einen Teil ihres Wassers, das im Hegau im Quelltopf der Aach wiedererscheint, um dem Rhein zuzufließen.

Zwei der schönsten Wasserfälle der Salzburger Alpen entstehen durch mächtige Quellen, die gleich bei ihrem Hervortreten über Kalkmauern hinabbrausen. Der Gollinger Wasserfall tritt auf der Nordwestseite des Hohen Göll aus einer Grotte, die von einem schönen Felsbogen überwölbt ist, und stürzt in zwei 29 und 22 m hohen Fällen zu Thal. Er bringt fast den ganzen Wasserreichtum der schnee- und schuttreichen Nordseite des Göll. Daß er im Winter manchmal ausbleibt, beweist seine Abhängigkeit von der Schneeschmelze. Der Wiener Fall in dem gegenüberliegenden Tennengebirge steht, wenn sein Wasserreichtum am größten ist, dem Gollinger Wasserfall nicht nach; er hat aber in dem plateauförmigen Tennengebirge nicht so große und nachhaltige Einzugsgebiete wie der breite Kamm des Göll. Daher ist er ungleicher, er erscheint

regelmäßig Ende April oder Anfang Mai und erreicht in 5—6 Tagen seine volle Stärke, hört zwischen 25. Juli und 10. August auf und kommt bei anhaltendem Regen auf einige Tage wieder.

Sprudelquellen. Wo Wasser zugleich mit Gasen ausströmt, ist die Triebkraft der Gase im stande, das Wasser weit über seine gewöhnliche Druckhöhe hinauszutreiben. Bei uns sind die Fälle von „Sprudeln“ häufig, die in dieser Weise durch Kohlensäure emporgetrieben werden; der 16 m über die Erde emporsteigende Nauheimer Strudel ist einer der bekanntesten. Den Sprudel von Saint Galmier (Depart. Loire) treibt die Kohlensäure 35 m hoch. In den Petroleumgebieten von Pennsylvanien wird an manchen Stellen Wasser durch Kohlenwasserstoffgas herausgeschleudert, das auch bei Wels in Oberösterreich als der Träger der Quellentriebkraft auftritt. Die großartigsten Erscheinungen dieser Art bewirkt aber der überhitzte Wasserdampf in den Geisir Islands, des nordamerikanischen Yellowstonegebiets und anderer vulkanischen Regionen, bei denen allen das Wasser auf dem Wege zur Oberfläche nicht bloß überhitzt, sondern auch mit festen Stoffen gesättigt und abwechselnd mit heißem Dampf ausgeworfen wird. Zusammengefaßt durch becken- und röhrenförmige Ablagerungen von wieder ausgeschiedenen Gesteinen, meist Kieselsinter, die sich um die Quelle niedergeschlagen haben, steht in ihnen Wasser, dessen Wärme an der Oberfläche dem Siedepunkt nahekommt, nach unten hin aber durch den Druck bis über den Siedepunkt zunimmt. Wächst nun die aus der vulkanischen Unterlage zugeführte Wärme so, daß die Dampfbildung den Druck der darüberliegenden Wassersäule überwindet, so schleudert der plötzlich entwickelte Dampf das darüberliegende Wasser in die Höhe. Am großen Geisir auf Island will man die Wassermasse bis zu 70 m Höhe, am „Excelsior“, dem größten Geisir des Yellowstonegebietes, 70—80 m haben aufsteigen sehen. Die Geisirbildung mit rhythmisch wiederkehrenden Auswürfen wird natürlich begünstigt durch unterirdische Hohlräume, die als Dampfkessel wirken und durch Spalten mit dem Becken oder der Röhre in Verbindung stehen, aus der das heiße Wasser ausgeworfen wird. Quellen mit regelmäßigem Wasserzufluß werden keine Geisirerscheinungen haben, da das zufließende Wasser die Ansammlung des Wärmeüberschusses verhindert. Wenn bei Vulkanausbrüchen Wasser ausgeworfen wird, mögen manchmal ähnliche Vorgänge die Ursache sein.

Die Geisir treten in den verschiedensten Teilen der Erde gesellig als Folge ungewöhnlicher Erwärmung größerer Gebiete auf. Die Orte ihres Hervorbrechens sind dieselben wie die, wo unter anderen Umständen gewöhnliche Quellen sprudeln würden; im einzelnen sind aber die Geisir durch die großen Veränderungen, die das überhitzte Wasser und der Dampf auflösend und niederschlagbildend bewirken, veränderliche Erscheinungen (s. die Abbildung, S. 76). Der Große Geisir Islands hat gegenwärtig selten Ausbrüche; es füllt sich sein Becken unter heftigen Stößen und Donnergeroll, doch läuft das siedende Wasser dann ruhig über den Sinterkegel ab. Der Strokkr hat gar keine freiwilligen Ausbrüche mehr, sondern nur, wenn große Torf- oder Rasenstücke eingeworfen wurden, schleudert er nach einiger Zeit eine Wassersäule bis 35 m hervor. Der mächtige Excelsior im Yellowstonegebiet sprang von 1878 bis 1882 und von 1888 bis 1892; dazwischen kocht ununterbrochen das Wasser in seinem Becken und wallt in der Mitte oft meterhoch auf. Das isländische Haukadale mit den Geisir nimmt 20 qkm ein, ist von heißen Quellen ganz durchsetzt, die teils springen, teils brodeln und schäumen. Im Yellowstonegebiet in Nordamerika, wo gegen 3600 heiße Quellen und 100 Geisir hervorbrechen, bedecken die 690 Quellen und 17 Geisir des unteren Geisirgebietes 100 qkm, und daneben sind noch einige andere Gruppen in Thätigkeit. Aber diese Geisir sind jetzt fast alle still geworden oder im Rückgang. Auf der Nordinsel Neuseelands sprudelten einst 25 größere Quellen und ungezählte kleinere in der nächsten Umgebung des 1,6 km langen warmen Sees Rotomahana, und darunter waren Springquellen, von den Maori Puia genannt, von gewaltiger Thätigkeit. Die wundervollen Sinterterrassen dieser Geisir (s. die Tafel bei S. 76) hat ein Erdbeben zerstört. Man kennt echte Springquellen noch aus der Nähe des Tengrinor im tibetanischen Hochland, von den Molukken, von Celebes. Hochaufwallende Kochbrunnen, die man wohl auch Geisir nennt (vgl. die Abbildung, S. 80), sind häufiger. In den eigentlichen Geisirgebieten erzeugt die

allgemeine Erhitzung des Bodens mit ihren Folgen dampfender Spalten, siedender und brodelnder Wasser- und Schlammquellen, mit ihrem unterirdischen Brüllen und Zischen eine der seltsamsten, eindrucksvollsten Landschaften. „Ringsum hört man es fortwährend sausen und brausen, zischen und kochen, und der ganze Boden ist warm“, schrieb Hochstetter vom Rotomahana. Im Yellowstone-Park hat man beobachtet, daß die Dampfausbrüche Felsblöcke mit in die Höhe schleuderten, nicht selten werden auch Schwefelwasserstoffdämpfe ausgestoßen. Das Wasser in den heißen Becken ist oft vom schönsten Blau, die Kieselsinterränder, -becken und -terrassen leuchten rein weiß oder sind rötlich und bläulich gefärbt, darüber schwebt wie Nebel und Gewölk der ausgestoßene Dampf (s. die beigeheftete Tafel „White Terrace, Rotomahana, Neuseeland“). Noch eine merkwürdige Erscheinung möchten wir erwähnen, die 1892 ein Chinese beim Reinigen der Wäsche im „Oberen Becken“ des Yellowstone-Parks fand, daß nämlich das „Anseifen“ des Wassers Explosionen hervorbringt. Das Seifenhäutchen an der Oberfläche gibt Anlaß zur Bildung einer zähen Decke und diese zur Ansammlung von überhitztem Wasser, das sich in kleinen Explosionen Bahn bricht. Ohnehin kommen wegen der Luftarmut des Wassers Erhöhungen des Siedepunktes auf 102° vor.

Old Faithfull-Geisir im Yellowstone-Park. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 75.

Künstliche Quellen, artesische Brunnen. Jede Brunnengrabung und jede Bohrung, welche die oberen Erdschichten bis zu einer Wasserschicht durchsinkt, schafft eine Quelle. Man spricht aber von künstlichen Quellen in der Regel nur dort, wo die Bohrung eine so starke Wasserschicht anschneidet, daß das Wasser in Menge aufsteigt und hervorquillt. Man nennt solche Quellen artesische Brunnen, nach der französischen Landschaft Artois, wo besonders günstige Bedingungen dafür früh erkannt worden sind. Überall nämlich, wo die Erdschichten beckenförmig nach einer tiefsten Stelle sich senken, fließt mit ihnen das Wasser abwärts und wird bei Bohrungen in der Tiefe eines solchen Beckens mit einer Kraft emporsteigen,

White Terrace, Rotomahana, Neuseeland.

Nach Photographie von Bartlett, Auckland.

die im Verhältnis steht zu dem Falle des Wassers in seinen abwärtsführenden Schichten. Diese künstlichen Quellen sind natürlich in den wasserarmen Ländern der Erde von besonderem Wert, und man hat sie überall schaffen wollen, um Oasen von Fruchtbarkeit in den Wüsten hervorzuzaubern. Es ist aber nur dort gelungen, wo wassersammelnde Regenländer und Gebirge neben Schichten in Beckenform liegen, in deren Zwischenräumen das Wasser sich ansammelt. Auch hat man bald erkannt, daß die Quellen, wo sie nahe bei einander erbohrt werden, an Ergiebigkeit verlieren. Immerhin hat man glänzende Ergebnisse mit ihnen erzielt (S. 60). Aber zugleich hat man lernen müssen, daß die unbarmherzigsten Wüsten die sind, in denen wenig gebogene Gesteinsschichten so gleichmäßig übereinander liegen, daß beträchtliche Wasseransammlungen gar nicht zusammenrinnen können.

Schwankungen der Quellen.

Schwankungen der Quellen infolge von Schwankungen der Niederschläge sind allgemein. Josephus spricht von „Sabbatquellen", die angeblich nur einmal in der Woche fließen. Lange, ehe die Wissenschaft darauf aufmerksam wurde, bezeichnete das Volk als Hunger- und Teurungsbrunnen die nur in feuchten Jahren erscheinenden Quellen. Der Name Teurungsbrunnen ist verständlich, denn schlechte Erntejahre sind bei uns in der Regel feuchte Jahre, namentlich für Getreide, und eben deshalb gute Quellenjahre. Die Schwankungen mit den Jahreszeiten sind noch häufiger in allen Klimaten mit ungleicher Verteilung der Niederschläge über das Jahr, das Wachstum des Ergusses mit der Schneeschmelze ist in allen Gebirgsländern eine bekannte Erscheinung. Daß gerade dieser klare Zusammenhang nicht früher auf eine richtige Erklärung des Ursprunges der Quellen geführt hat, ist erstaunlich, denn es kommt die Trübung mancher Quellen nach langen Regenzeiten hinzu, um die unmittelbare Abhängigkeit der Quellen von den Niederschlägen noch eindringlicher zu machen.

Je durchlässiger der Boden ist, desto abhängiger werden die Quellen von den Niederschlägen, desto ungleichmäßiger wird ihr Erguß. In zerklüfteten Kalkgebirgen, wie im Jura, wo die Quelladern eigentlich unterirdische Bäche genannt werden könnten, stürzt das Regenwasser so rasch in den breiten Spalten in die Tiefe, daß z. B. ein Gewitterregen im Hochthale von Les Ponts nach wenigen Stunden sich in der Wassermenge und Trübung der 300 m tiefer liegenden großen Quelle von Noiraigue im Traversthal anzeigt. In solchen Gegenden läßt eine ungewöhnlich regenarme Jahreszeit unfehlbar alle Quellen wasserärmer werden. Oft geschieht es in solchem Maße, daß große Unbequemlichkeiten daraus entstehen. Nach dem ungewöhnlich trockenen Sommer von 1893 feierten im Jura zahlreiche Triebräder und Menschenhände, die auf die für gewöhnlich ausgiebige Wasserkraft der Quellen angewiesen sind.

Größere, langsamer sich vorbereitende Schwankungen des Ergusses der einzelnen Quellen können besonders in diesen vielzerklüfteten Kalkgebirgen nicht ausbleiben. Wo sie im Karst, Jura u. s. w. eintreten, sieht man immer zuerst die Folgen der Entwaldung; aber die Beschleunigung des Abflusses durch Bildung neuer Trichter, Vergrößerung der Spalten und Vereinigung getrennter Spalten darf man nicht vergessen. Diese Ursachen dürften sogar die wirksameren sein. Nicht bloß kleine Quellen oder Brunnen sind in diesen Kalkländern versiegt. Es gibt im Jura Quellen, die einst Sägen oder Mühlen trieben, nun aber kaum dem häuslichen Bedarf der Nachbarschaft genügen. Überlieferungen, teilweise auch Ortsnamen, die heute keinen Sinn mehr haben würden, wie Nasse, Naisse, Russille, deuten darauf hin. Jacquard berichtet, daß 1868, welches ein Jahr großen Rückganges des Wasserreichtums war, eine Neuenburger Zeitung das Verschwinden von fünf Sägen und Mühlen allein in der Gegend von Malmont und Trémalmont berichtete.

Die Quellentemperatur.

Die Quellentemperatur ist das Ergebnis aller der Kräfte, die auf die weitverbreiteten, vielzerteilten Wasserfäden und dünnen Wasserschichten einwirken. In ihr liegt die Wärme der Niederschläge und die Erdwärme gemischt mit der Luftwärme an dem Ort ihres Hervortretens, und vielleicht spielt sogar noch die Temperatur abschmelzenden Firnes oder Eises oder eines aus der Tiefe herauf wärmenden Lavastromes herein. Alle diese verschiedenen Wärmequellen kommen aber nicht unmittelbar in einer Quellentemperatur zum Vorschein, sondern sie gleichen sich durch das Zusammenrinnen und Verweilen der Wässer in der Tiefe aus, wodurch über alle Unterschiede weg irgend ein Grad von Beständigkeit die hervorragendste thermische Eigenschaft der Quellen wird. In trockenen Ländern, wo die Quellen aus sehr tiefen Wasseransammlungen stammen, sind sie meistens warm. K. Dove erklärt, in Südwestafrika nur drei eigentliche Quellen zu kennen, und diese alle sind warm. Die Temperatur gleich tiefer Quellen oder Brunnen ist um so höher, je wasserreicher sie sind, und je rascher sie fließen, je weniger Wirkung also auf sie die Abkühlung der oberflächlichen Erdschichten üben kann.

Da bei der Bestimmung der Quellentemperatur alles darauf ankommt, daß die Temperatur der Luft ausgeschlossen wird, so ist es am sichersten, das Thermometer in einem Gefäße so zu befestigen, daß das Wasser in das Gefäß eindringen und das Thermometer allseitig umgeben kann. Dieses Gefäß soll nur so weit offen sein, als zur Aufnahme des Wassers nötig ist. Das Wasser soll, wenn die Quelle ein Becken hat, zur Wärmebestimmung nicht von der Oberfläche geschöpft werden. Es liegt auf der Hand, daß aufsteigende wie absteigende Zuflüsse die Temperatur fast jeder Quelle ändern werden. Nur in den seltenen Fällen, wo in genau bestimmter Tiefe, z. B. eines Bergwerks, ein Quellenarm angebrochen wurde, hat also dessen Temperatur geothermischen Wert. Wenn uns eine Quelle in der Grube von Huelgoat in der Bretagne in 230 m Tiefe fast 20° zeigte, so ist die damit angegebene Tiefenstufe brauchbarer als lange Reihen von Ablesungen aus artesischen Brunnen, welche Tiefenstufen zwischen 6 und 54 m ergeben. Quellen sind aber im allgemeinen untauglich zur Bestimmung der Wärme des Erdinnern. Vgl. darüber Bd. I, S. 107.

Es liegt in der Natur der Quellen, daß sie den Temperaturänderungen der Erdoberfläche entzogen sind. Auch wo sie keine ganz gleichmäßige Temperatur zeigen, sind ihre Schwankungen gering im Vergleich mit der Lufttemperatur. Viele Brunnen und Trinkwasserleitungen bringen uns Wasser von fast gleichbleibender Wärme, die um die mittlere Jahreswärme schwankt. Das rührt daher, daß viele von unseren Wasseradern gerade aus der mäßigen Tiefe kommen, wo die jahreszeitlichen Schwankungen aufhören, also aus 15 bis 30 m. Daher nimmt auch die Wärme der Quellen zwar mit der Höhe ihres Ortes in der Regel ab, aber doch, wegen der aus der Tiefe gebrachten Wärme, langsam. In den Gebirgen ist die Abnahme größer in steilen als in flachen Lagen, weil in jenen Wasser aus höheren Schichten zufließt. Wir wissen, daß die Lufttemperatur in der Höhe im allgemeinen um 1° auf 175 m abnimmt. Für die Abnahme der Quellentemperaturen sind die Höhenstufen in den Bayrischen Alpen 272, im Fichtelgebirge 222 m. In der Nähe von Gletschern und Firnflecken gibt es auffallend kalte Quellen, die mit diesen Ansammlungen festen Wassers oft ziemlich tief herabsteigen. Die höchsten kalten Quellen liegen in den Alpen bei 3200 m, auf dem tibetanischen Hochland bei 3400 m, in den Anden bei 4700 m; in den Anden ist es eine gerade unter der Firngrenze gelegene Quelle am Nevado de Guaracolta, deren Temperatur Pentland zu 3,6° bestimmte.

Wir finden sehr häufig kleine Seen, die als Sammelbecken für tiefer liegende Quellen dienen. Dabei bemerkt man das Eigentümliche, daß diese Quellen kälter sind als ihre Reservoire, obwohl die letzteren höher liegen. Der Soiensee am Wendelstein zeigt bei 19° Luftwärme 15,2°, sein Abfluß 13,8°. Ein Tümpel am Wendelstein in 1050 m zeigt bei 14° Lufttemperatur 5,4°, die um 11 m tiefer liegenden

Quellen 4,6°. Die Erklärung ist einfach: jene Temperaturen zeigen die Wärme an der Oberfläche des Wassers, die Quelle hat dagegen die Temperatur der tieferen Schichten.

Die Temperaturen der Quellen sind von Ort zu Ort und dann wieder für jede Quelle von einer Jahreszeit zur anderen verschieden. Aus der Verteilung der Wärme in der Erde geht hervor, daß oberflächliche Quellen viel veränderlicher sein werden als tiefliegende. Mehr noch als die höhere Temperatur beweist uns die Gleichmäßigkeit der Temperatur den tieferen Ursprung einer Quelle. Je tiefer eine Quelle reicht, um so wärmer und gleichmäßiger warm wird sie sein, je oberflächlicher ihr Aufnahmegebiet liegt, um so mehr wird unter den wechselnden Einflüssen der Atmosphäre und der Erdoberfläche ihre Wärme schwanken. Daher haben Quellen aus mäßiger Tiefe den Vorzug für die Wasserversorgung. Im spaltenreichen Felsboden ist die Wirkung der Niederschläge auf die Temperatur der Quellen und des Bodens rascher als die direkte Wirkung der Luft durch Leitung. Im Sandboden sickert das Wasser langsam ein, zerteilt sich und nimmt langsam die Temperatur seiner Umgebung an, während die Luftwärme rascher vordringt und auf die Temperatur des Bodens und der Quellen wirkt. Daher kommen die hohen Temperaturen in Wüstenquelltümpeln. Rohlfs maß unter 18 Quellen bei Sokna und Bengasi sechs mit Temperaturen, welche die Luftwärme überstiegen. Daß auch die Stärke der Quelle einen Einfluß auf die Wärme übt, ist bei allen aufsteigenden Quellen klar; denn je wasserreicher sie sind, desto weniger wird die Temperatur der höheren Erdschichten und ihrer etwaigen Wasseradern auf die aus der Tiefe kommenden Wassermassen einwirken können.

Für den Unterschied zwischen Luft- und Quellenwärme hat Hallmann nachgewiesen, daß derselbe hauptsächlich abhängig ist von den Einflüssen der Niederschläge. Vorübergehende Wärmeerhöhungen werden durch starke Sommerregen, vorübergehende Erniedrigungen der Temperatur durch starke Winterregen hervorgerufen. Die durch Regenwasser in die Tiefe geführten Wärmemengen wirken entscheidender auf die Temperatur der Quellen als die Wärme der Luft. Natürlich kann aber dabei die eigene Wärme des Bodens nicht unberücksichtigt bleiben. Nur zum Teil liegt der Grund der geringeren Schwankungen der Quellentemperaturen im Vergleich mit den Lufttemperaturen in der Verspätung, die jene beim Eindringen in den Boden erleiden. In der von Hallmann gemessenen Mühlthalquelle bei Boppard a. Rh., deren Jahreswärme im dreijährigen Mittel um + 0,34° von der der Luft differierte, brauchte das Regenwasser 2—5 Tage, um die Wassermenge und Temperatur der Quelle zu beeinflussen. Indem die Alten von der Sonnenquelle in der Ammonsoase sagten, daß sie bei Tage kalt und bei Nacht warm sei, sprachen sie nur die allgemeine Wahrheit der Unabhängigkeit tieferer Quellen von den Schwankungen der Lufttemperatur aus. Es ist dieselbe Gleichmäßigkeit, die es bewirkt, daß die Quellen, die uns im Sommer erfrischen, im Winter „rauchen" und ihre nächste Umgebung mit dem Reif des in der kühlen Luft kristallisierenden Wasserhauches überziehen. Im Gebirge, wo der Unterschied zwischen Quellen- und Lufttemperatur noch größer ist, baut im Winter das Eis des dampfenden Quellbaches eine irisierende Marmorpforte mit vielfach kannelierten Säulen und wulstigen Gewölben um den Felsmund. Wenn anderseits in dem alpinen Abschnitt des Pothales, wo man mit Quellwasser bewässert, die Wärme dieses Wassers den Graswuchs im Winter befördert, haben wir die praktische Anwendung derselben Thatsache. Die mittleren Jahrestemperaturen der Quellen sind durchweg weniger schwankend als die mittleren Jahrestemperaturen der Luft. In der Mühlthalquelle bei Boppard beobachtete man in 5 Jahren nur Schwankungen von 0,13° über und 0,18° unter die mittlere Quellentemperatur, dagegen in den Lufttemperaturen derselben Gegend Schwankungen von 0,99° über und 1,81° unter die mittlere Lufttemperatur.

Warme Quellen (Thermen).

Wenn wir Therme eine Quelle nennen, deren Wärme entweder dauernd oder doch im Jahresdurchschnitt größer ist als die mittlere Jahreswärme ihres Ortes, so ist uns die Quelle von Giwarta Fjell in Lappland mit 1,2° ebensogut eine Therme, wie eine 30° messende Quelle unter dem Äquator. Denn die mittlere Jahrestemperatur jenes lappländischen Ortes ist —3°,

während mancher Ort in äquatorialer Zone 28° hat. Gewöhnlich gebraucht man aber den Namen Therme in einem beschränkteren Sinne, indem man darunter eine Quelle versteht, deren Wärme überhaupt die höchste mittlere Luftwärme an der Erde übersteigt. So wollen auch wir hier nur von Quellen sprechen, die wärmer als 30° sind. Die wärmsten dieser Quellen kommen dem Siedepunkt nahe: Aguas Calientes de las Trincheras (Venezuela) 97°, Chichi Mequilla (Mexiko) 96°, Hammam Meskutin (Algier) 95°, Chaudesaigues (Cantal) 88°, Neue Höllenquelle zu Baden-Baden 86°, Abano in den Euganeen 84°, Burtscheid, Schwertbadquelle 76°,

Geisirquellen im nördlichen Kalifornien. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 75 und 81.

Karlsbad 74°, Plombières 71°, Wiesbaden 69°, Bagnères-de-Luchon 66°, Mehadia 62°, Aachen 55°, Vichy 52°, Leuk 51°, Gastein 50°, Teplitz 48°, Aix-les-Bains 45°, Baden i. d. S. 48°, Bath 48°, Wildbad 37°, Pfäffers 37°, Eaux-Bonnes (Pyrenäen) 32°.

In die unmittelbarste und geradeste Verbindung mit den tieferen Erdschichten setzen uns jene künstlichen aufsteigenden Quellen, die wir artesische Brunnen nennen. Im allgemeinen ist ihr Wasser immer um so wärmer, je tiefer sie sind. In den artesischen Brunnen Algeriens, die in der Regel zwischen 50 und 70 m tief sind, messen wir 24 bis 26°, in den 502, 505 und 547 m tiefen artesischen Brunnen von La Grenelle und Mondorf 31 bis 32,5°. Zur genauen Bestimmung der Zunahme der Wärme nach dem Erdinnern sind natürlich die artesischen Brunnen nicht zu verwenden, da das Wasser, das sie liefern, fast immer aus den verschiedenen vom Bohrloch durchschnittenen Tiefen stammen wird. Noch weniger ist es möglich,

aus der Wärme der Thermen auf die Tiefe ihres Ursprunges zu schließen. Es sind nur Schätzungen, wenn 1500 bis 1800 m Tiefe für den Ursprung der Aachen-Burtscheider, 1700 m für den der Baden-Badener, gegen 900 m für den der Wildbad-Quellen angegeben werden.

Der Ursprung der Wärme der Thermen ist im Erdinnern, von dessen Wärmevorrat ein sehr kleiner Teil durch Quelladern an die Oberfläche getragen wird. Daher kommen die meisten Thermen in den Gegenden vor, wo die Erdwärme in neu- oder altvulkanischen Gesteinen näher an die Erdoberfläche herangeführt wird; und hier treten sie gern in Gruppen auf (s. die Abbildung, S. 80). Thermengruppen, wie die Steamboat Springs in Nevada, die mit mehr als 100 Dampfsäulen auf einer geraden Linie von 400 bis 500 m hervortreten, können nur vulkanischen Ursprunges sein. Auch die Borsäurequellen, die in Toskana einen Raum von 1700 qkm bedecken, wo sie mit Geisirerscheinungen Dämpfe von 100 bis 175° aushauchen, sind Reste vulkanischer Thätigkeit. Die zahlreichsten Thermen und zugleich die heißesten gehören überhaupt vulkanischen Gebieten an, neuen und alten. Thermen sprudeln noch hervor, wo die vulkanische Thätigkeit so lange erloschen ist, wie im böhmischen Mittelgebirge. Thermen kommen dann ferner in Gebirgen vor, wo die Gebirgsfalten den Wässern erlauben, in heiße Tiefen hinab- und wieder heraufzusteigen, und wo Thäler tief hinabragende Schichten durchklüftet haben. Nicht immer werden die Wässer unmittelbar mit den heißen Gesteinen des Erdinnern in Berührung zu kommen brauchen, sondern in tieferen Spalten verdampfendes Wasser wird seine Wärme nach oben tragen und damit Wasser erwärmen, das der Oberfläche näher liegt. Bei Thermen, die auffallend wenig feste Bestandteile enthalten, überhaupt fast reines Wasser sind, wie die von Gastein, Teplitz-Schönau, Wildbad und Pfäffers, ist am wahrscheinlichsten solche Entstehung durch Verdichtung dampfförmig aufsteigenden Wassers tieferer Spalten. Dabei ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß andere Wasseradern sich mit den warmen mischen, und daß heiße Quellen in kurzer Zeit erkalten. Naumann führt ein Beispiel dafür aus Japan an, die Quelle von Takinoyu.

Die Quellen als Lösungen.

Alle Quellen führen feste Stoffe oder Gase in Lösung aus der Erde heraus, keine natürliche Quelle dürfte ganz rein sein. Nur sehr oberflächliche Quellen bringen nach andauernden Regengüssen fast reines Regenwasser. Ebenso haben Schneewasserquellen immer besonders reines Wasser. Selbst der aus dem Kalkgebirge kommende Gollinger Wasserfall hat nur 0,04 Gramm feste Bestandteile gegen 2 oder 2,5 Gramm, die sonst die kalkreichen Quellen dieses Gebietes zeigen. Es kommt aber auch vor, daß das Wasser aus der Tiefe reiner ist als das von der Oberfläche, und zwar trifft dieses besonders bei Brunnen der Wüsten und Steppen zu, deren Boden an der Oberfläche durchsalzen ist. Die Zerteilung des Wassers in ein Geäder von Millionen Wasserfäden, die nach unten zunehmende Wärme und der weitverbreitete, zum Teil schon von der Erdoberfläche mitgeführte Kohlensäuregehalt erleichtern die auflösende Thätigkeit. Damit hängt auch zusammen, daß fast nie eine Mineralquelle allein auftritt. Besonders Solen und Säuerlinge sind gesellig. Dabei ist sicherlich auch der Druck von Belang. Wenn im Thal von Belapeč in Istrien nach Kners Mitteilung nach größeren Regen das Wasser bis über 15 m in fußdicken Strahlen ansteigt, wenn es in der „Foiba“ (s. Bd. I, S. 539) von Pisino schon 50 m stieg, oder wenn nach der Erbohrung eines artesischen Brunnens das Wasser in noch viel höherem Strahle emporgetrieben wird, dann ist auch vorher ein bedeutender Druck schon dagewesen. Druck erhöht aber die Auflösungsfähigkeit des Wassers bei 40 Atmosphären auf das Doppelte. In Seebecken haben aufsteigende Quellen steilwandige, trichterförmige Löcher in den Kalkstein gehöhlt.

Es gibt kaum einen Stoff an oder in der Erde, der nicht schon in Quellen nachgewiesen wäre. Einige Elemente sind überhaupt zuerst in Quellwässern gefunden worden. Am verbreitetsten ist von festen Stoffen kohlensaurer Kalk, der das Wasser „hart“ macht; häufig kommen vor Kochsalz (Solquellen), Eisenoxydul (Stahlwasser), Kieselsäure in heißen Wässern, schwefelsaures Natron und schwefelsaure Magnesia (Bitterwasser), kohlensaures Natron (Natronsäuerling). Von gasförmigen Stoffen ist am verbreitetsten Kohlensäure, und nicht selten ist Schwefelwasserstoff. Erdöl führende Quellen leuchten an der Oberfläche in allen Regenbogenfarben und setzen nicht selten zugleich Asphalt am Boden ab. In unseren Waldgebirgen fehlt es nicht an Quellen, die durch Humus bräunlich gefärbt sind. In den Mummelsee mündet solches Wasser. Wenn man den Gehalt an festen Stoffen im Quellwasser bestimmt, nimmt man als

Die Mud Terrace in Neuseeland. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 83.

Einheit den Gehalt von 1 Teil auf 100,000 an und nennt dieselbe 1 Grad. An ein gutes Trinkwasser stellt man die Anforderung, daß es 32 Härtegrade besitze. Am reichsten an gelösten Stoffen sind im allgemeinen die heißen und die kohlensäurereichen Wässer und die im Kalkstein oder Gips entspringenden, am ärmsten sind die aus Granit, Gneis, Sandstein und Sand kommenden. Es gibt aus Sandstein kommende Quellen von 0,3°, und es gibt heiße Quellen, die so viele feste Stoffe in Lösung haben, daß sie beim Ausfließen ununterbrochen Kalk und andere Stoffe absetzen. Wo Kalksteine und Sandsteine nebeneinander liegen, wie in vielen Teilen von Deutschland, gibt man dem härteren, aber „frischeren“ Trinkwasser aus Kalkquellen überall den Vorzug vor dem reineren, aber „faderen“ Wasser der Sandquellen. Aus Buntsandstein fließt Wasser, das man kaum reiner im Laboratorium destillieren kann.

Eine große Arbeit mit merkwürdigen Ergebnissen leisten die Quellen, die bei ihrem Hervortreten feste Stoffe absetzen. Es ist am häufigsten Kalk, der abgesondert wird, und zwar meist beim Entweichen der Kohlensäure, die ihn als doppeltkohlensauren Kalk in Lösung gehalten hatte. Auch das Erkalten warmer Quellen, das Verdunsten und die Druckminderung begünstigen diese

Stalagmiten in der Eishöhle im Oetscher.

Nach Photographie von Strobl.

Ausscheidung. Die erste Voraussetzung der Tropfsteinbildung ist immer Reichtum des Sickerwassers an kohlensaurem Kalk; aber auch die Verdunstung muß mitwirken. Sehr feuchte Höhlen setzen keinen Tropfstein ab. Endlich wirkt aber auf dieselbe auch die Lebensthätigkeit gewisser Algen, die den Kalk aufnehmen und in einer schleimigen Hülle absondern, wo dann jene schaligen Sinter sich bilden, die man am besten von den Karlsbader Sprudelsteinen kennt. Solche Kalksinterbildungen schaffen noch größere Werke, als Goethe ahnte, als er von Karlsbad schrieb, wie die Quellen „sich selbst überbauen, Erhöhungen, Hügel, Klüfte, Kanäle und Gewölbe aus sich selbst hervorbringen, nach und nach ab- und aufsetzen und sich selbst einen Behälter

„Das Zelt“, eine Sinterbildung in der Adelsberger Grotte. Nach Photographie von M. Schäber, Adelsberg.

zu bilden im stande sind“. Sie haben bei Kannstatt 15—20 m mächtige Tuffablagerungen gebildet. Solche Absätze verschließen und verlegen Quellen gänzlich, die dann an anderen Stellen hervorbrechen oder durch Explosionen sich Bahn machen. In den Geisirregionen bedecken Kalkabsätze weite Flächen, im Yellowstonegebiet die Absätze der Mammutquellen allein 80 qkm. Sie bauen Terrassen, erstarrte Wasserfälle, selbst brückenartige Bogen. Ein Teil von Karlsbad ist auf der alten Sprudelschale der heißen Quelle erbaut. In der Bildung der selteneren Kieselsinter durch Geisir und andere heiße Quellen (s. die Abbildung, S. 82), besonders in vulkanischen Gebieten, sind ebenfalls Algen mit wirksam; sie sind es auch, die zusammen mit leuchtend grünem Moos die bunten Färbungen der Becken der Yellowstonequellen bewirken. Die Sinter sind in oft seltsamen kuppel-, korb-, röhren-, pilzförmigen Gestalten erstarrt, oder schließen sich als Stufen, Gesimse, Pilaster, gleichsam als Kleinornamente ihrer Unterlage an (s. die obenstehende Abbildung). Leicht entstehen auch durch Sinterabsätze enge, röhrenförmige Quellmündungen, die Geisirerscheinungen in kleinem Maßstabe begünstigen.

Die geographische Verbreitung der Quellen.

Da die Quellen von den Niederschlägen herstammen, sind sie in erster Linie eine klimatische Erscheinung. Doch durchbricht ihre Abhängigkeit von der Bodenart und der Bodengestalt die zonenförmige Anordnung, die sich daraus ergeben müßte. Immerhin läßt sich im allgemeinen sagen, daß die Polargebiete und die Wüstengebiete quellenarm sind. Am reichsten an Quellen sind Gebiete mit vielen Niederschlägen und ungleichmäßiger Bodenbeschaffenheit, feuchte Länder, in deren Boden Sand, Thon, Kies, durchlässige und undurchlässige Schichten häufig wechseln oder härtere Gesteine wechsellagern, durch die viele Falten und Verwerfungen aufgeschlossen sind. Natürlich läßt sich der Quellenreichtum nicht an der Zahl der Quellen allein messen, es muß auch die Stärke und Beständigkeit mit in Betracht gezogen werden. Es läßt sich im allgemeinen behaupten, daß räumlich gleichmäßige Verteilung des Wassers zeitlich ungleichmäßige Verteilung bedingt, denn aus zahlreichen Wasseradern und kleinen Quellen verdunstet das Wasser, das keinen Rückhalt hat, während wenige große Quellen es in beständiger Fülle hervortreten lassen. Gebiete großer Quellen setzen immer quellenarme Gebiete in der Nachbarschaft, also ungleiche Verteilung, voraus. In der Regel liegt die Quellenarmut in der Höhe und am ausgedehntesten auf Hochebenen, wo dann das dort fehlende Wasser um so mächtiger am Fuße der Höhen hervorbricht. Gebirge begünstigen im allgemeinen die Quellbildung, weil sie niederschlagsreich und durch häufigen Wechsel dichterer und lockerer Gesteine ausgezeichnet sind. Aber es gibt auch ausgedehnte Gebirgsstrecken, die *quellenarm* sind. Diese Ausnahme von der Regel beruht auf der Zusammensetzung aus Gesteinen, welche der chemischen Erosion leicht zugänglich und daher zur Bildung von Kanälen geneigt sind, in denen das Wasser versinkt, oder auf dem Vorhandensein mächtiger Schuttdecken, die in diffuserer Weise in der gleichen Richtung wirken, oder endlich in der Bedeckung mit Firn oder Eis, die das Wasser nicht hervortreten, sondern höchstens unter ihrer Sohle abrinnen lassen, bis es tief unten am Berge hervortritt. In unvergletscherten Gebirgen findet man Quellen 100 m unter den höchsten Gipfeln, also gerade so tief, wie das Sammelbecken Raum braucht. Pentland hat in der östlichen Kordillere von Bolivia eine Quelle von 1,3° hart an der Firngrenze gemessen, die hier nicht tiefer als 4800 m liegen dürfte. Die höchstgelegene Quelle wird im Himalaya bei 5380 m angegeben.

Der Fruchtbarkeit *Valencias* entspricht die Öde *Neukastiliens*, dessen versinkende Wasser in den „Nacimientos", Riesenquellen des Küstenabfalls, hervortreten. Vielleicht vereinigt eine in den feuchten Ländern der gemäßigten Zone nicht selten vorkommende Bodenbildung die Extreme am besten: ein weit ausgebreiteter Sand- oder Kiesboden von geringer Mächtigkeit, der auf undurchlässigem Grunde von ungleicher Höhe ruht, also das Bett eines entsprechend breiten Grundwasserstromes bildet. So ist der Boden beschaffen, aus dem die größten Menschenansammlungen ihr Wasser beziehen. Von *Deutschland* kann man wohl sagen, die Verteilung der Quellen über das Land sei im allgemeinen wohlthätig und hinreichend; aber die Ungleichheit ist dennoch in nahe gelegenen Gebieten sehr groß. Es ist bei uns nicht wie in dem quellenarmen Sizilien, wo nur die dauernden Quellen der hybläischen Berge eine oasenhaft anmutende Landschaft schaffen, in der die einzigen ausdauernden Bäche der Insel fließen. Aber im ganzen Jurazug, besonders in der Rauhen Alb, liegen quellenarme Hochflächen über quellenreichen Thälern. Noch größer ist der Unterschied zwischen ihnen und den mit einem Überfluß von Quellen, herumirrenden Bächen, Seen und Mooren gesegneten oder vielmehr überwässerten Schutthügelländern alter Moränen.

Im Grunde ist der *landschaftliche* Gegensatz einer Rauhen Alb, einer Jurahöhe, eines Karstplateaus, wo in zahllosen Spalten und Gruben das Wasser verrinnt, das von keiner Vegetationsdecke auch nur verzögert wird, und eines Gneisrückens, wo auf Fels oder undurchlässigem Thon in jeder der welligen Vertiefungen ein Tümpel oder Torfmoor liegt, nur ein Unterschied in der Lage des Wasserspiegels. Aber er greift tief in das Leben der Menschen, überhaupt in

das Leben ein. Zeugnis dafür sind die von Gestrüpp und gelbem Gras fahlen oder gleichmäßig graunackten Karsthöhen, das Fehlen oder die Kleinheit menschlicher Ansiedelungen, die weit verschieden ist von der Aufreihung der Dörfer und Städtchen, der Mühlen und Triebwerke an den Reihen kräftiger Quellen.

Rückblick.

Die Quellen sind der Übergang von der weiten gleichmäßigen Verteilung der Niederschläge zu den großen Vereinigungen des Flüssigen in den Rinnsalen und Becken der Flüsse und Seen. Tausend Regentropfen vereinigen sich zu einem Quelläderchen, tausend Quelläderchen bilden einen Fluß. Das bedeutet auf dem Wege zur Zusammenführung des Flüssigen allgemeine Durchfeuchtung der Erde in geringer Tiefe, Schutz der Feuchtigkeit gegen Verdunstung, unterirdischen Transport der Niederschläge, Fortpflanzung auflösender Thätigkeit des Wassers in die Tiefe, wo durch die Quellen ein ununterbrochener Auslaugungsprozeß vor sich geht. Liegt nicht in dieser ununterbrochenen Berührung des Wassers mit der Erde im unterirdischen Quellgeäder eine Ähnlichkeit mit den Küsten, wo das Meer mit Millionen Wellen und Wellchen den Landsaum beleckt? Aber in den Küsten wirken Massen auf Massen, während im Quellgeäder dünne Wasserfäden die äußersten Ränder breiter Erdmassen bespülen.

Das Wasser dringt von der Oberfläche zuerst in die Tiefe hinein und kehrt dann mit neuen Eigenschaften aus der Tiefe wieder an die Oberfläche zurück. So sind also die Quellen auch eine Übergangserscheinung zwischen der Erdoberfläche und dem Inneren der Erde. Da nun das Wasser, ehe es in den Boden eindrang, aus der Luft herabgefallen ist, hat auch der Luftkreis seinen Anteil an den Quellen. Und diese Anteile der Erdoberfläche, des Erdinnern und der Luft finden wir in den Eigenschaften der Quelle wieder. Besonders in der Wärme und der chemischen Zusammensetzung des Quellwassers begegnen wir ihnen; und es ist gerade diese Mischung, welche die Deutung der Natur der Quellen erschwert. Schließlich ist es die Sonne, der wir die Quellen danken: die Sonne, Kraftquelle im Kreislauf des Wassers, hebt das Wasser, das dann herabrinnend seine tausend Wege in die Erde und wieder aus der Erde heraus findet. So schafft uns die Sonne Wärme und Kühlung zugleich.

Die Quelle ist eine Vorrichtung zur Kompensation und Ausgleichung. Das liegt schon in ihren Anfängen. Gehen wir bei einem ausgiebigen Regen hinaus und betrachten das Wasser, das in vorübergehenden Gerinnen oberflächlich abfließt. Es ist trübe, reißt den Boden auf, schleppt, wenn das Gefälle irgend beträchtlich ist, Schlamm, Sand und selbst Steine mit sich fort. Im Gebirge bildet dieses Wasser einen Wildbach, der ebenso zerstörend wirkt durch sein Wegreißen, wie durch sein Anschwemmen. Unhörbar versickert dagegen das Wasser, das bestimmt ist, eine Quelle zu bilden. Es verschwindet, man weiß nicht wie. Der Wildbach ist nach einigen Tagen trocken, und nur Schutt ist seine Spur. Das in die Erde eingedrungene Wasser macht dagegen in unzähligen Fäden und Tröpfchen seinen Weg in die Tiefe und begegnet dort anderem Wasser, das schon früher eingesickert war. Vielleicht dauert es Monate, bis es wieder hervortritt. Und nun bildet es eine Quelle, die klar und ruhig emporsteigt. Der Bach dieser Quelle ist das Gegenteil jenes Wildbaches: er fließt ruhig, stetig, verändert so wenig seine Ufer, daß vielleicht sogar Wasserpflanzen ihn mit ihren schwimmenden Blättern bedecken, wie einen stillen Teich. Und zu diesen ausebnenden Eigenschaften kommt nun noch die Temperaturausgleichung, deren fühl- und sichtbarer Ausdruck gerade die Eigenschaften sind, die uns zu dem Lobe veranlassen: das ist eine gute Quelle. Je gleichmäßiger die Quelle fließt und je beständiger

ihre Temperatur ist, desto dienlicher ist sie. Die Quelle, an der lange Trockenzeiten und große Temperaturschwankungen fast spurlos vorübergehen, ist die echteste Quelle und für uns auch die beste.

Die erdgeschichtliche Betrachtung der Quellen lehrt uns, daß sie nicht immer dagewesen sein können. Sie setzen einen Zustand der Erdoberfläche und der nächst tieferen Schichten voraus, der erst langsam im Lauf der Erdgeschichte geworden ist. Wenn wir in die Geschichte der Erde zurückblicken, sehen wir schon in der Ausbreitung der Schichten der Eiszeit eine Vervielfältigung der Möglichkeit der Quellenbildung, wie sie bisher auf diesem Boden nicht bestanden hatte. Wir können aber weiter zurückgehen und uns einen Zustand der Erdoberfläche denken, wo es noch weit weniger Schutt gab als vor der diluvialen Eiszeit. Damals muß viel mehr Wasser an der Erdoberfläche in Form von Flüssen, Seen und Sümpfen gewesen sein, dagegen viel weniger in der Tiefe. Vielleicht entsprechen die in mächtigen Becken abgelagerten Steinkohlen einem solchen Zustand, wo in seichten Sümpfen und Seen unabsehbare Wälder von Riesenfarnen und Schachtelhalmen standen. Echte Quellabsätze kennen wir nicht aus älteren Formationen; sie treten uns zum erstenmal ganz deutlich, sogar großartig in der Tertiärformation entgegen. Sie müssen in älteren Schichten aufgelöst, umgewandelt sein.

---

6. Die Flüsse.

A. Die geographische Bedeutung der Flüsse.

Inhalt: Die Bewegung des Wassers in Flüssen. — Wasserfälle und Stromschnellen. — Ober-, Mittel- und Unterlauf. — Der Ursprung. — Fluß und Niederschlag. — Der Wasserstand. — Flüsse und Zonen. — Hochwässer. — Fiumaren und Steppenflüsse. — Höhlenflüsse. — Die Bewässerung als Spiegel der Bodengestalt. — Ablagerungen im und am Flusse. — Hauptfluß und Nebenfluß. — Die Stromgebiete. — Die Länge der Flüsse und die Stromentwickelung. — Die Wasserscheide. — Die Flüsse in der Geschichte der Erde.

Die Bewegung des Wassers in Flüssen.

Dem Fallen des Wassers nach dem tiefsten Punkte, das bei großen Gebirgsflüssen, wie Arve und Rhône, 3 m, bei reißenden Gebirgsbächen aber 6 m in der Sekunde erreicht, wird durch die Erdoberfläche eine Menge von besonderen Eigenschaften erteilt, die in der Arbeitsleistung des fließenden Wassers (s. Bd. I, S. 587 u. f.) wiedererscheinen. Das Wasser hat bei seiner Bewegung sowohl innere als äußere Widerstände zu überwinden, die Reibung auf allen Seiten verursachen. Es erfährt Reibung an seinen Wänden, an jeder Klippe, die sein Bett uneben macht, und an jeder Baumwurzel, die hereinragt; und die dadurch entstehende Ungleichheit der Bewegung ruft innere Reibung hervor und erzeugt Gegenbewegungen, indem ununterbrochen kleinere Wasserteilchen sich wirbelnd durch die Masse hindurchtreiben. Da in einem kleinen Bette die Reibung derselben Wassermenge geringer sein wird als in einem großen, und da eine größere Wassermenge im gleichen Bett weniger Reibungswiderstände finden wird als eine kleinere, hängt die Geschwindigkeit der Bewegung eines Flusses nicht bloß vom Gefälle, sondern auch von der Wassermenge unmittelbar ab und ist außerdem größer in einem kleinen als in einem großen Bett. In demselben Flußbett beschleunigt jede Verengerung die Bewegung, und bei jeder Verbreiterung wird sie träger. Der Rhein, der sich bei Mannheim ausbreitet, hat nur die Hälfte von der Geschwindigkeit des bei Bingen eingeengten Rheines. Das beeinflußt unmittelbar die Gestalt des Flusses.

Die Thalbildung (s. Bd. I, S. 584 f.) hat uns das *Längenprofil* in seiner Bedeutung für die Ausbildung der Flußrinne gezeigt; hier möchten wir auf sein Verhältnis zu dem *Querprofil* des Flusses zurückkommen. Dieselbe Wassermasse wird bei starkem Gefälle geringe Tiefe und große Breite — in der Sprache der Hydrotechniker „großen benetzten Umfang" —, bei geringem Gefälle große Tiefe und geringe Breite, dort ein flaches und breites, hier ein tiefes und schmales Bett haben. Dort arbeitete der Fluß mit zu wenig, hier mit einem Überschuß an Stoßkraft, dort hat sich das Bett erhöht, bis das dadurch gesteigerte Gefälle die Geschiebe wieder in Bewegung brachte, hier hat umgekehrt der Kraftüberschuß die Sohle des Flusses angegriffen und tiefer gelegt. Daher auch der Wechsel beider Profile im Gang der Geschichte eines Flusses, in dem jeder Geröllzufuhr eine Erhöhung und Verbreiterung, jeder Wasserzufuhr eine Vertiefung und Verschmälerung des Flusses entspricht. Wo das Bett sich verengert, verstärkt sich die Strömung und trägt mehr Sediment fort als dort, wo das Bett sich verbreitert und die Strömung schwächer wird; so wird hier der Sand oder Kies abgesetzt, der dort weggeführt wurde. Dadurch verengert sich hier neuerdings das Flußbett, der Prozeß der Wegräumung und des Weitertransportes beginnt von neuem und unter seinem Einfluß die Bildung neuer Flußschlingen, die den schlängelnden Gang des Flusses bewirken. Die *Schlangenwindungen* des Flusses sind eine Form des Gleichgewichtes des fließenden Wassers, sie bedeuten eine Verlängerung des Flußlaufes zum Zweck der Verwendung eines Gefällüberschusses, den die Gestalt des Flußbettes nicht anderweit verwenden kann. Die kleinsten Hindernisse wirken in dieser Weise ablenkend und schlingenbildend, und die stetig, aber mit der geringsten Kraft fließenden Gewässer haben den am meisten schlängelnden Lauf. Dagegen ist die Richtung der ungleichfließenden Fiumaren durch ihre zeitweilige mächtige Schuttführung, die wie ein Hemmschuh die Bewegung verlangsamt und zugleich ausgleicht, geradlinig. Die bei den Windungen immer auf die konkave und kürzere Seite sich konzentrierende Energie hat man neuerdings im Wasserbau als ein Mittel z. B. zur Schaffung eines neuen, tieferen Mississippi-Mündungsarmes vorgeschlagen.

Die Reibung an der Luft bewirkt, daß der Streifen des rascheſten Fließens nicht an der Oberfläche, sondern etwas darunter liegt, und zwar tiefer, wo der Fluß selbst tiefer ist. Man wird indessen wohl annehmen dürfen, daß in dieser oberflächlichen Verzögerung auch das Hinströmen nach der Stelle der stärksten Bewegung von der Seite und unten her wirksam ist, durch das die Aufwölbung des Flußspiegels bei hohem Wasserstande verursacht wird. Das Fließen eines Flusses ist also kein Neben- und Übereinanderhinbewegen der Wasserfäden, sondern ein Verflechten, Überfließen, Auftauchen, Fortziehen. Durch die Reibung am Boden und an den Wänden der Rinne hat es mehr von einer sich überstürzenden als von einer geradlinig fortschreitenden Bewegung. In dem großen Fortfließen findet eine Menge von kleinen Rückwärtsbewegungen statt. Dabei ist in einem mit der Längsachse des Flusses parallelen Streifen, der über den tiefsten Stellen der Rinne und von den Ufern entfernt liegt, die Bewegung am stärksten; man nennt ihn *Stromstrich* oder *Thalweg*. Über dem Stromstrich bezeichnen Wirbel diese Rückwärtsbewegungen, die man mit den Gegenströmungen des Meeres vergleichen kann. In ihnen findet auch ein Aufsteigen von Wasser aus der Tiefe statt, das die an der Oberfläche weggezogenen Wasserteile ersetzt. Wirbel der einander drängenden und zum Teil hinunterdrückenden Wasserfäden setzen sich zum Boden fort und bewirken kesselförmige Vertiefungen in ihm; aus solchen Vertiefungen steigen andere Wirbel an die Oberfläche. Fließt also auch das Wasser als Ganzes nie aufwärts, so staut es sich doch und steigt an Hindernissen an, bis es einen Durchbruch gefunden hat; auch steigen leichtere Wasserteile aus der Tiefe empor, während schwerere sinken,

und besonders hebt sich Grundeis, das in der Tiefe gebildet ward, zur Oberfläche. Die Wölbung des Spiegels eines rasch fließenden Gewässers führt man auf die Notwendigkeit zurück, das Gleichgewicht zwischen der im Stromstrich sich rascher bewegenden Wassermasse und dem Rest des Wassers durch eine Aufwölbung in der Zone der rascheren Bewegung herzustellen. Diese Wölbung ist am stärksten bei Hochwasser und macht bei Niederwasser einer leichten Einsenkung Platz. Beim Mississippi soll der Betrag dieser Veränderung 2 m erreichen.

Der Fluß in geschlossenem Ufer bewegt sich anders als der Fluß zwischen offenen, grenzlos in die bewegte Masse des Wassers übergehenden Ufern. Schon Varenius hat diesen

Der Fenixfluß in Patagonien. Nach Francisco P. Moreno.

Unterschied erkannt, als er eine besondere Gruppe von Flüssen unterschied, die kein ständiges Bett haben. Die geschlossensten Ufer sind die Felsenufer eines Cañon- oder Klammflusses, die keinen Fußbreit Raum für Anschwemmungen übriglassen. Auch Eisufer schließen in dieser Weise Gletscherflüsse ab. Ein besonderer Fall ist der Fluß, der über Eisboden fließt, denn ein Wassernetz von sehr veränderlichen Fäden breitet sich über dem Boden aus, der durch seine Verbindung von Erde, Steinen und Eis widerstandsfähiger ist. Es gibt auch schwache Flüsse in Felsenbetten (s. die obenstehende Abbildung); man findet sie besonders in den trockenen Hochebenen von Afrika im Granit und Glimmerschiefer, fast geröllos, höchstens mit ein paar weißen Quarzkieseln. Aber die offenen Ufer bildet sich der Fluß selbst, und zwar in beständigem Wechsel von Abtragung und Anschwemmung. Diese Ufer sind in der Regel nur das Ausgehende der Rinne, die der Fluß aus seinen eigenen Schwemmstoffen sich bereitet, im oberen Lauf aus groben, nach unten hin aus zunehmend feinen Geröllen, endlich aus Sand und Schlamm. Ein Fluß, der auf ungleichem Felsboden zwischen Schuttufern fließt, wird am raschesten seine Ufer

zerstören, denn er kann nicht in die Tiefe, muß also in die Breite gehen. In Flüssen flacher Steppengebiete, in schuttreichen Fiumaren, im Unterlauf breiter Tieflandströme steigert sich dieser Zustand bis zur Uferlosigkeit, zumal in trockenen Klimaten, wo einen größeren Teil des Jahres das Wasser in seinen Geschieben versinkt.

Der Einfluß der Erdrotation auf die Flüsse ist, wie für jeden an der Erdoberfläche sich bewegenden Körper, der Theorie nach notwendig, sein praktischer Nachweis aber ist gerade bei den Flüssen schwierig, meistens ganz unmöglich, wiewohl man ihm beträchtliche Wirkungen auf die Ufergestaltung zugeschrieben hat. Die Rechtsablenkung durch die Erdrotation auf unserer Nordhalbkugel drängt das im Stromstrich am stärksten bewegte Wasser nach rechts. Es müßte also der Angriff auf die Sohle nach rechts verlegt werden und zugleich durch die Strömung an

Das Steilufer der Wolga bei Turbino. Nach Photographie von Prof. Credner, Greifswald.

der Oberfläche das rechte Ufer stärker angegriffen werden. Ist nun das Ufer schon nach rechts geneigt oder gekrümmt, so wird der Strom ohnehin im Sinne der Ablenkung fließen, und der Angriff auf das rechte Ufer wird gering, bei einem gewissen Maß von Krümmung Null sein. Dagegen müßte der Angriff deutlich sein in geraden oder links gekrümmten Flußläufen. Bei solchen hat ihn K. E. von Baer zuerst nachgewiesen. Die Wolga greift ihr Westufer an, das unterwühlt und abstürzend als steileres Bergufer (s. die obenstehende Abbildung) dem flacheren Wiesenufer des Ostrandes entgegengesetzt wird. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich an Steppenflüssen Zentralasiens, man sieht sie auch an der Donau zwischen Wien und Preßburg.

Für diese *Ablenkung* müßten auch die Deltaarme großer Ströme, die in sehr nachgiebigen Betten fließen, Beispiele bieten. Wie liegen nun die Thatsachen? Beim Nildelta zeigt uns der Boden der Landenge von Suez die alten Nilablagerungen. Der Strom war zuerst nach Osten abgelenkt, hat an seinem rechten Ufer die größte Menge seiner Sinkstoffe abgelagert und sich selbst dadurch den Weg nach Norden vorgeschrieben. So hat er eine Drehung von mehr als einem rechten Winkel gemacht. Heute fließt die Hauptmasse seines Wassers nach Nordwesten, Rosette und Alexandria zu, in der Quartärzeit ergoß es sich nach Ostnordosten, und durch die

Arme von Pelusium, Damiette, Rosette hat es wie ein Uhrzeiger, aber in umgekehrter Richtung, seine Drehung vollendet. In den „Pässen" des Mississippideltas sind die rechten Ufer breiter angeschwemmt und überragen auch an Länge beträchtlich die linken, während doch die Ablenkung durch die Umdrehung der Erde ein Zurückweichen der rechten Ufer erwarten ließe. Ein bemerkenswerter Fall ist das schon oberhalb Kaifongfu beginnende Herüberdrängen des Hoangho nach rechts, wo seine Lößwände 50 bis 60 m hoch sind, während links Flachufer liegen.

Der Stufenfall Enfield George bei New York. Nach Ralph Tarr. Vgl. Text, S. 91.

Aber ausdrücklich sollte immer hervorgehoben werden, daß auf herausgegriffene Fälle von dieser Art von Ablenkung, besonders auch an Deltaarmen, wie sie z. B. vom Irawaddi berichtet werden, an und für sich kein großes Gewicht zu legen ist. Auch die Wanderung des Oxus nach Osten, welche Spuren bis in den Meridian von Merw hinterlassen haben soll, wird mit dieser Ablenkung erst nach sorgfältiger Prüfung der die Flußbildung in jenen Steppengebieten beherrschenden Kräfte in Verbindung gesetzt werden dürfen. Das Baersche Gesetz ist noch nicht an genügend viel Thatsachen in der Natur selbst geprüft worden. Die Vergleichung auf der Karte reicht nicht aus. Jene Vorkommnisse können zunächst immer nur der Einzeluntersuchung empfohlen werden, wobei an die Wirkung vorwaltender Winde (s. oben, Bd. I, S. 611) und an Unterschiede im Bau der beiden Ufer besonders zu denken ist.

Wasserfälle und Stromschnellen.

Nur der Wasserfall fällt im wahren Sinne des Wortes; der Bach fällt im Fließen, wobei er mit seiner Unterlage verbunden bleibt. Daher hat man auch den Eindruck stillen Dahingehens

selbst beim Sturzbach, wenn man ihn aus der Ferne sieht. Im Wasserfall ist aber das Gefälle so groß, daß das Wasser sich von seiner Unterlage loslöst und in einem großen Winkel auf die Unterlage stürzt. In dieser höhlt es Becken aus, deren Wände die Spiralbewegung der umhergeschleuderten Wassermassen zeigen. Zugleich wirkt es auf die Wand, über die es herabstürzt, so ein, daß es entweder in sie sich rinnenförmig eingräbt oder die Wand absplittert und mit der Zeit in eine Stufenterrasse (s. die Abbildung, S. 90) und zuletzt in einen Felsenhaufen verwandelt. Die Arbeitsleistung solcher fallender Wassermassen ist gewaltig.

Alfred M. Mayer hat die Wärme bestimmt, die beim Aufprall des fallenden Wassers in den Fällen von Niagara und Trenton entsteht. Die Wärme ist in der Regel durch die Verdunstungskälte maskiert, kann aber nachgewiesen werden, wenn die Luft feucht und nicht viel wärmer oder kälter als das Wasser ist.

Die Stromschnellen des Nils bei Assuan. Nach Photographie von G. Steindorff. Vgl. Text, S. 92.

Im senkrecht fallenden Wasser eines von einem Vorsprunge herabstäubenden und -strählenden Wasserfalles liegt eine horizontale Komponente, welche der im Rücken dieses Wassers aufsteigenden Wand flachkonkave Formen aufprägt. Man ist erstaunt, beim Profilblick auf eine derartige Felswand zu sehen, wie oft genau dieselbe Kurve sich auf den verschiedensten Höhenstufen wiederholt. Im Pas d'Encel, zwischen den Dents du Midi und der Dent de Bonaveau, wiederholen sich über der konkav eingeschnittenen Felsschlucht, in deren Tiefe der Gießbach braust, in drei Stufen übereinander dieselben Kurven bis zu dem fast 900 m höher liegenden Gipfel.

Wasserfälle gehören immer zu den jüngsten Erscheinungen eines Gebietes, liegt doch in ihrem Wesen die rasche Zerstörung ihrer Grundbedingungen, jener Ungleichheiten des Bettes, durch die ihr Sturz bewirkt wird. Es entstehen die meisten da, wo Flüsse gegen die Neigung der Schichten fließen; wo sie aber über diese Neigung sich hinbewegen, sind Wasserfälle selten. Da sie plötzlich auftretenden Hindernissen im Abfluß des Wassers ihr Dasein verdanken, zersplittert sich leicht eine Wassermasse in einem übereinstimmend gebauten Gebiet. Wasserfälle haben

daher nicht bloß im vertikalen Sinn ihre Fortsetzungen, sondern kommen auch nebeneinander häufig vor.

Wasserfälle und Schluchtenthäler (s. Bd. I, S. 587 f. und Abbildung, S. 96) gehören einer und derselben Entwickelungsreihe an. Wo jene sind, finden sich auch diese, oder vielmehr diese werden sich überall da herausbilden, wo jene thätig sind. Der Wasserfall wirkt klammbildend. Daher ist so oft ein vielgewundenes Thal, von steilen, selbst überhängenden Felswänden eingeschlossen, der Zugang zu einem Wasserfall, der im Hintergrunde herabbraust: der Weg, den seine zurückschreitende Erosion ausgehöhlt hat. Der Hamilton River in Labrador fällt gegen 100 m tief in eine 16 km lange Zickzackschlucht, die in ein mächtiges Cañonthal mit 150 bis 300 m hohen Wänden mündet, in dem der Fluß weiter dem Meere zufließt. Wo eine leicht zersetzliche Schicht über einer schwer zersetzlichen liegt, wühlen sich die Flüsse leicht in die eine ein, wenn ihnen die andere noch ein schweres Hindernis ist, s. S. 94; seltener kommt auch das Umgekehrte vor. Jedes Flüßchen des Yellowstone-Parkes verläßt mit Wasserfällen, die bis nahe an 100 m hoch werden, das Gebiet der harten Lava, um in weichere Gesteine einzutreten.

Der Wasserfall der sieben Schwestern auf der Insel Alsten, Norwegen.
Nach Photographie.

Die Stromschnelle ist ein unfertiger Durchbruch (s. die Abbildungen, S. 91 u. 93). Bei Hochwasser zeigt sie, was sie einst werden wird: eine Stelle rascherer Bewegung des Flusses. In den Stromschnellen sind die Hindernisse des glatten Fließens gewöhnlich auf eine längere Strecke verteilt, wo Klippen, Untiefen und tiefe Stellen miteinander wechseln. Die Reihe von Untiefen und Klippen zwischen Sip und Bazias, die man das Eiserne Thor nennt, ist 120 km lang. Die durch A. von Humboldt berühmt gewordenen Stromschnellen des Metaflusses zwischen Maipures und Atures sind auf 75 km verteilt, und die Stromschnellen und Fälle des Kongo vom Stanley Pool (280 m über dem Meer) bis Vivi bei Matadi (25 m) zählen, auf einer Strecke von 270 km, 32 größere Fälle.

Wasserfälle und Stromschnellen gehören zu den gewöhnlichen Erscheinungen in allen Ländern, die erst jüngst eine Hebung erlebt haben. Daher auch ihr Zusammenvorkommen mit Fjorden und Strandlinien. So ist z. B. jeder Fluß Labradors, der in die Hudsonsbai mündet, kurz oberhalb der Mündung durch einen Fall oder eine Stromschnelle versperrt: ein Beweis, wie jung die Hebung der Küste ist. Zu den Naturschönheiten Norwegens gehören die Wasserfälle — Valur Foß 350 m, Vettis Foß 260 m, Voring Foß und viele andere über 100 m (s. die obenstehende Abbildung) —, zu denen Finnlands und Schwedens, deren jüngere Geschichte auf

Der Niagarafall.

Nach Photographie.

niedrigerer Stufe sich ähnlich abgespielt hat, so daß die Wasserfälle nur noch ein Drittel jener Höhen erreichen, die Stromschnellen. In unseren alten Mittelgebirgen, in den Alleghanies, im Ural sind Wasserfälle seltener. Aber in Kalkgebirgen begünstigt sie die leichte Aushöhlbarkeit des Gesteines. Istrische Flüsse haben, entsprechend dem geologischen Bau, manchmal eine langsame, serpentinenhafte Bewegung von der Quelle ab, wo sie sich fast in einer Ebene zu verlieren scheinen, bis sie über die Schwelle des Quellplateaus rasch in einer Kaskade abstürzen, die beim Rückschreiten erodierend eine Klamm gebildet hat.

Der Crocodile Port des Sambesi in Südafrika. Aus: „Picturesque South Africa". Edwards u. Co., Kapstadt. Vgl. Text, S. 92.

Der Niagara (s. die beigeheftete Tafel „Der Niagarafall") durchmißt den Höhenunterschied von 101 m zwischen dem Erie- und Ontariosee auf einem Wege von 55 km, der über eine Höhenstufe wegführt, welche die aus hartem Kalkstein bestehenden oberen Schichten des Niagarakalkes von weicheren Niagaraschiefern und Sandsteinen trennt, die tiefer liegen. Er beginnt als ein breiter Fluß, der ruhig, an einer Stelle sogar mit zwei Armen eine große Insel umfassend, seinen Weg macht, ohne einer ausgesprochenen Rinne zu folgen; als schuttloser und gleichmäßiger Fluß hat er hier nicht die Mittel gehabt, sich ein Thal auszugraben. Etwa 1 km oberhalb des Falles wird die Strömung rascher und bald wieder zu einer breiten, brüllenden Brandung, die mit stürmischer Hast über eine Schicht nach der anderen stürzt. Er ist unmittelbar über dem Falle breit und 3 bis 7 m tief, aber die Ziegeninsel (Goat Island) teilt ihn ungleich, und so entsteht der kleinere amerikanische und der größere kanadische Fall, die beide 49 m hoch herabstürzen, wobei eine Verminderung der Tiefe des Wassers auf wenig mehr als 1 m eintritt. Gegen 12 km von dem Fuße des Falles weg bewegt sich der Fluß in einer 60 bis 90 m tiefen Schlucht, die durch den Niagarakalkstein hindurch in die Schiefer geschnitten ist. Etwas unter dem Fuße des Falles ist das Wasser ziemlich ruhig, und dort hat man Tiefen von 50 bis 57 m gemessen. Dann verschmälert sich die Schlucht, und das Gefäll wächst rasch, so daß eine sehr heftige Strömung, Whirlpool Rapids, entsteht, die über große Blöcke von Kalkstein wegstürzt. Die Schlucht erweitert und

verengert sich an mehreren Stellen, bis sie nach dem Eriesee zu in ein breites, von niederen Ufern eingefaßtes Thal übergeht. Die Wassermasse, die der Niagara bewegt, mißt 550,000 cbm in der Minute. Die 750,000 Pferdekräfte, die man darin schätzt, arbeiten am wirksamsten durch den Rückprall gegen die weicheren Gesteine unter dem Niagarakalk, wodurch jene unterwühlt werden und dieser zu Falle gebracht wird. Zeugnisse für diese Zerstörung liegen in mehrfachen Beobachtungen über Abstürze vom oberen Rande des Falles vor. Die Zerstörung geht viel rascher an dem kanadischen Fall als an dem amerikanischen vor sich; dort werden die abgestürzten Blöcke in dem tiefen Brandungskessel umhergetrieben und zerkleinert, während hier die größten sich am Fuße des Falles aufhäufen.

Es ist über allen Zweifel festgestellt, daß diese Fälle zurückschreiten; die Gestalt der Schlucht und die Flußablagerungen unterhalb der Fälle zeigen, daß letztere einst bei Lewiston lagen, wo heute der Niagarafluß

Die Victoriafälle des Sambesi. Nach Alfred St. Hill Gibbons. Vgl. Text, S. 95.

in den Eriesee mündet. Da der Geolog James Hall schon 1842 eine genaue Vermessung des Geländes der Niagarafälle vorgenommen hatte, mit dem ausgesprochenen Zweck, eine Grundlage für Vergleichungen zu schaffen, und andere Vermessungen gefolgt sind, kann heute der Rückgang der Fälle mit einiger Wahrscheinlichkeit geschätzt werden. Man hat von 1842—90 für den amerikanischen Fall einen Rückschritt von 0,19 m im Jahre, für den kanadischen von 0,67 m angenommen. Offenbar muß bei so ungleicher Arbeit der kanadische Fall eines Tages den amerikanischen in sich aufnehmen. Was aber die Möglichkeit der Bestimmung des Alters des Niagara aus diesen Zahlen betrifft, so steht sie ganz in der Luft, da wir nicht annehmen können, daß der Niagara immer dieselben Wassermassen zur Verfügung hatte, und daß der Grund, über den er fließt, keine Höhenveränderungen erlitten habe. Man kann heute höchstens darauf hinweisen, daß zahlreiche Schätzungen 10,000 Jahre nicht erreichen, und daß denen, die höhere Jahresreihen annehmen, die Thatsache entgegensteht, daß das untere Ende der Niagaraschlucht, das ihnen zufolge 30,000 bis 50,000 Jahre älter sein sollte als das obere, kaum stärkere Spuren der Verwitterung zeigt. Im übrigen meinen wir mit Gilbert: „Das Alter des Niagara kann weder durch einige Rechnungen auf einer Schiefertafel noch durch eine ganze Reihe von wissenschaftlichen Aufsätzen bestimmt werden.“

Sehr bezeichnend für die Bodengestalt des schwarzen Erdteiles sind die zahlreichen großen Wasserfälle afrikanischer Ströme. Im Südkongogebiete sind dieselben geradezu häufig; Ludwig

Wolf schrieb von seiner Sankurrureise: Wir passierten täglich Stromschnellen. Der Ogowe hat selbst im Delta Stromschnellen, die durch Bänke eines sehr eisenreichen Laterites bewirkt sind. Und die berühmten Katarakte des Nils, die Victoriafälle des Sambesi (s. die Abbildung, S. 94) und die Kongostromschnellen sind nur die größten Vertreter einer ungemein reichen Schar von großen und kleinen Wasserfällen, die in dem massigen Aufbau Afrikas begründet sind.

Ober-, Mittel- und Unterlauf.

An jedem Flusse treten zwischen Ursprung und Mündung Abschnitte hervor, deren Gefälle, Wasserführung und Gestalt verschieden sind. Ihre Größe kann wechseln, und ihre Begrenzung kann sehr schwierig sein, aber sie sind in jedem Fall als Ober-, Mittel- und Unterlauf auseinanderzuhalten. Aus der Fülle der Verhältnisse, welche die drei Abschnitte miteinander eingehen, lassen sich die allgemeinen Regeln finden, daß bei den Bächen und kleinsten Flüssen am häufigsten der Oberlauf überwiegt, während mit dem Längenwachstum der Mittel- und Unterlauf immer mehr zunehmen. Ein Verhältnis der drei von 1:5:2, wie es bei der Donau vorkommt, ist typisch für den großen Fluß oder Strom. Ober- und Unterlauf sind selbständiger, eigenartiger als der Mittellauf. Auch erscheint in der Geschichte der Flüsse der Mittellauf als der beständigste und regelmäßigste, während in den beiden anderen die häufigsten und eingreifendsten Veränderungen vorkommen. Und doch ist dann wieder der Mittellauf nur ein Übergang; der Unterlauf dagegen steht selbständiger durch Wassermasse, Trägheit des Laufes, Nähe des Meeres, Deltabildung und anderes dem Ober- und Mittellauf gegenüber.

Für den Oberlauf eines Flusses sind bezeichnend: geringe Wassermenge, die aber beträchtlich im Vergleich zur Größe ihrer Rinne sein kann, zahlreiche Rinnsale, Ungleichheiten der Thalsohle, welche sich bis zu großen Abstürzen steigern können, daher auch starke Transportthätigkeit, die aber vorwiegend grobes Material bewegt, das nicht selten Stauungen durch übermäßige Aufschüttungen bewirkt. Gleichzeitig ist hier auch die auflösende Kraft am stärksten, da die Berührung mit dem Untergrund und dem groben Felsgeröll am innigsten ist. Der Gehalt an aufgelösten Stoffen ist durch den Reichtum an einmündenden Quellen von vornherein in diesem Abschnitte beträchtlich. Die Schwankungen des Wasserstandes führen hier seltener zu Überschwemmungen als im Mittel- und Unterlaufe, weil die Wasserzufuhr mannigfaltig und vielfach gehemmt, die Abfuhr dagegen sehr rasch ist. Bei manchen Flüssen liegt der Oberlauf in flachen Thalbecken einer Hochebene oder eines Faltenthales, während Mittel- und Unterlauf in steilen Erosionsschluchten gelegen sind; in Afrika ist dies besonders häufig der Fall. Dabei fällt natürlich das Gebirgshafte im Oberlaufe weg. So fließen alle Kongoquellflüsse im Lubudi- und Lomamigebiete zuerst in seichten Furchen langsam und stockend und haben sich echte Thäler erst dort ausgehöhlt, wo sie über den Rand der durchschnittlich 1000 m hohen Hochebene herniedersteigen.

Wenn ein Fluß unmittelbar aus dem Gebirge ans Meer tritt, besteht er fast nur aus Oberlauf; jedenfalls fällt die ruhige Entwickelung im Mittellaufe fast ganz aus, während in Form einer größeren Schuttanschwemmung der Unterlauf sich deltaartig entwickelt zeigt. Auf gebirgigen Inseln mit breitem Anschwemmungssaume schließen sich unmittelbar große Deltabildungen an die reißenden Gebirgsbäche; ein Beispiel ist die Ostseite von Formosa. Aber der Oberlauf greift dann mit seinem raschen Fall in diese Schwemmbildungen ein und erteilt ihnen die ganze Unruhe eines lebhaften Berggewässers, die in Verbindung mit dem so unmittelbar herabgeführten Schuttquantum verwüstende Wirkungen hervorruft.

Der Rio de Aconcagua hat, alle Krümmungen eingerechnet, kaum 110 km Länge vom Ursprunge bis zur Ausmündung und durcheilt diese Entfernung in einem Gefälle von nahezu 3000 m. Wenn auch im Sommer kaum irgendwo viel über 2 m tief, ist er doch sehr verwüstend durch seine Raschheit, die Ungleichheit seiner Wasserführung, die beständige Neubildung von Armen und Bänken. Auch der Biobio gegenüber Concepcion ist im Unterlaufe nahezu 3 km breit, aber so flach und mit Bänken erfüllt, daß im Sommer die Landleute ihn nahe seiner Mündung bei Galpen durchreiten.

Die Kaiserklamm der Brandenburger Ache in Tirol. Nach Photographie von Ganghofer. Vgl. Text, S. 92.

Die **Merkmale des Mittellaufes** liegen in der zunehmenden Sammlung größerer Zuflüsse, damit auch in der Steigerung der Wassermassen bei Verminderung des Gefälles, wodurch die Breite zunimmt. Manchmal geschieht dies unter Bildung größerer seenartiger oder versumpfter Ausbreitungen, die durch die Stauung der auf den Hauptfluß treffenden Zuflüsse bewirkt werden; als Beispiel sei der Pepinsee an der Einmündung des Tschippewah in den Mississippi genannt, den ein wahrer Damm aufstaut. Bei größeren Systemen ist es der Mittellauf, in welchem der Fluß aus den Bächen, der Strom aus den Flüssen sich herausbildet. Der Einfluß der Bodengestalt macht bei der Verringerung des Gefälles sich deutlicher bemerklich, indem die Windungen zahlreicher

werden, doch sind tiefere Thaleinschnitte und Stromschnellen nicht ausgeschlossen, wofür der mittlere Nil, der Rhein zwischen Bingen und Bonn mit seinen Felsriffen im Binger Loch und im „Wilden Gefährt“ bei Kaub, die Donau zwischen Passau und Schärding und wieder zwischen Vilshofen und Krems, wo sie in den Südwestrand des Böhmischen Massivs eingeschnitten hat, gute Beispiele geben. Auch Flußinseln treten nun häufiger auf, und es gibt im Mittellaufe Ruhepunkte, die bereits der Anschwemmungsthätigkeit einen freieren Raum bieten. Der Mittellauf ist in der Regel viel gewundener als der Oberlauf, weil er viel abhängiger vom Grundbau des Bodens ist. Main, Mosel zeigen das verminderte Gefälle im mittleren Lauf und zugleich den Einfluß eines Bodens, in dessen Aufbau zwei Gebirgssysteme im Streite liegen. Der Elblauf ist von Tetschen abwärts parallel dem Streichen des Lausitzer Systems, und die Umbiegung bei dem genannten Orte ist durch die Ablenkung hervorgerufen, welche der Ostflügel des Erzgebirges bewirkt; dagegen ist die Westbiegung zwischen Wittenberg und Magdeburg auf den Westflügel des Fläming zurückzuführen.

Der Mississippi mit Altwässern. Nach den Aufnahmen der Mississippi River-Kommission von 1882 und 1894. Vgl. Text, S. 99.

Im Mittellaufe wachsen durch das Zusammentreffen des Hauptflusses mit großen Nebenflüssen und durch plötzliche Abnahme des Gefälles oft die Wassermasse und die Schuttführung in solchem Maße, daß seenartige Ausbreitungen, Flußgeflechte und Deltabildungen eintreten: es sind die verfrühten Erscheinungen des Unterlaufes. In kleinem Maßstabe finden wir sie bei alpinen Flüssen beim Austritt aus dem Hochgebirge. So bildet der Lech ein Flußgeflecht zwischen Reutte und Füssen, in dem allerdings kein feiner Deltaschlamm, sondern grobes Kalkgeröll liegt. Der Sambesi breitet sich in der Hauptregenzeit (Februar bis April) in dem Lande oberhalb der Viktoriafälle mächtig aus, wodurch das flachuferige Mündungsgebiet des Tschobe, ohnehin schon mehrere Kilometer breit, dort zu

einem See- und Sumpflande wird. Livingstone, der diese Dinge 1851 zuerst kennen lernte, verglich die Sambesi-Tschobe-Überschwemmung mit den Nilfluten an Größe und befruchtender Wirkung. Darum ist es auch ein echtes Binnendelta, in dessen von trägen Flußarmen durchflochtenem Riedsumpf einst der längst wieder fortgeschwemmte Makalaka-Hauptort Linyanti lag. Das größte Beispiel eines solchen Zusammenfließens und Verflechtens bietet der Nil, wo er, vorher schon in zwei Arme geteilt, mit dem Sobat, dem Rohl und dem Bahr el Ghasal in jenem Gewirr von Flüssen, Seen und Sümpfen zusammentrifft, das schon den Alten als ein großer Sumpfsee bekannt war.

In der Natur des Unterlaufes der Flüsse liegt die Ausbreitung über ein immer flacher werdendes Bett, die zuletzt zur Zerteilung in mehrere Arme führt, womit die Deltabildung

Eine Flußschlinge (Ox-bow) im Hayden-Thal, Yellowstone-Park. Nach Photographie von Penck. Vgl. Text, S. 99.

beginnt. Zugleich aber wirken im Unterlaufe mehrere Kräfte auf Vertiefung hin, die unter besonderen Umständen sich gegen die Ausbreitung durchsetzt: diese Umstände sind die aus dem Meer aufsteigende und zum Meere zurückkehrende Flutströmung, der Zusammenfluß des Wassers des ganzen Flußgebietes, die häufig sehr lockere Beschaffenheit des Bodens, in dem sich der Unterlauf bewegt, endlich und nicht zu mindest die Küstenschwankungen, die bei Hebung des Landes das Flußgefälle vergrößern und die aushöhlende Arbeit des Flusses verstärken müssen. Auch können sie es bewirken, daß ein abgeschnürter Meeresteil in das Mündungsgebiet des Flusses mit hineingezogen wird. Und eine tiefe Rinne, die ein Fluß sich schuf, als das Land gehoben wurde, kann durch Senkung des Landes noch tiefer gelegt werden. Die Oder, die bei Mittelwasser weiter oben 4 bis 5 m tief ist, sinkt gegen Gartz auf 9, oberhalb Stettin auf 13 bis 14 m. Das Große Haff ist allerdings nur 5 bis 6 m tief, aber in diesem ruhigen Wasser mußte die Ausfüllung die Tiefen vermindern wie in einem Landsee.

Der Unterlauf ist also ausgezeichnet durch Wassermasse, geringen Fall, große Breite, Übergewicht der Anschwemmung über die Abschwemmung, mächtige Überschwemmungen und

größte Abhängigkeit vom Boden, die sich endlich bis zur Vernichtung der geschlossenen Existenz des Flusses durch Deltabildung steigert. Dieser voraus gehen die blinden Ausläufer, von Rennell treffend „Schößlinge", am Unterlaufe der Seine „Marigots" genannt, die mit der Zeit abzweigende Arme werden, und es folgen ihr die durch den Wechsel der Stromrichtungen abgeschnittenen „Altwässer", die häufig als bogenförmige Seen (s. die Karte, S. 97 und die Abbildung, S. 98) den Fluß begleiten. Baut hier der Fluß seine Anschwemmungen hinaus, so erleichtert er dort dem Meere das Eindringen in die Strommündung, deren Anschwemmungen wir als gemeinsame Arbeit des Stromes und des Meeres kennen gelernt haben. So tief das Meer in den Fluß eindringt, so weit wird der Fluß auch in das Meer hinausgeführt. Im kleinen kann man den Rhein im Bodensee und die Rhone im Genfer See verfolgen, wie ihre trüben Fluten in den ruhigen See hinausschießen, wobei beiderseits Wirbel den Gegensatz beider Wässer bezeichnen. So findet man die letzten Spuren des Meeres im Ganges fast 400 km, im Amazonas über 1000 km von der Mündung entfernt, und die sichtbare Trübung reicht im Ganges 35 km über das Delta hinaus, wobei fast ebensoweit das Wasser an der Oberfläche vollkommen süß ist. An der Küste von Guayana ist das von Strömungen fortgeführte Wasser noch bis 5° nördl. Breite und 50° westl. Länge zu finden. In der fast 12 km breiten Kongomündung fließt der Kongo über einer tiefen Masse von Salzwasser noch mit 12 bis 15 km Geschwindigkeit in der Stunde, so daß die erste Entdeckungsexpedition unter Tuckey, welche 1816 diesen bisher gering geachteten Strom zum erstenmal in seiner wahren Größe würdigen lehrte, nur mit Mühe vordringen konnte.

Das Gesetz des Zusammenstrebens der Flüsse macht sich bis in die Mündungsgebiete geltend, wo noch hart vor dem Austritt ins Meer der Rhein die Maas, der Po die Etsch, der Paraná den Uruguay aufnimmt. Verwandt sind die Ausmündungen in gemeinsame Anschwemmungsgebiete und Mündungstrichter, wobei mit gemeinsamen Mitteln an derselben Küste von den Mündungsgenossen gebaut wird: Schelde, Tocantins, Brahmaputra.

Wir haben Oberläufe kennen gelernt, welche die Merkmale des Unterlaufes haben; es gibt auch Flüsse, die rasch und reißend, wie im Oberlauf, ins Meer stürzen, nachdem sie sich langsam und gewunden im eigenen Schuttbett wie im Unterlaufe heranbewegt hatten. Afrika bietet für beide Fälle klassische Beispiele (s. die Abbildung, S. 100): die Flüsse Südwestafrikas haben alle einen auffallend raschen Unterlauf.

Auch die Trockenheit des Unterlaufes des Khusieb und wohl anderer Steppenflüsse wird mit durch das rasche Gefälle im unteren Laufe erklärt, das bei dem genannten Flusse 3—5 pro Mille beträgt. In großem Maßstabe wiederholt sich das Gleiche beim Kongo, dessen unterste Stromschnellen nur 95 km vom Meer entfernt liegen; erst unterhalb der Jellalafälle bei Nokki wird der Kongo schiffbar. Am Ogowe treten Granitriffe noch im Delta auf, und von den Kamerunflüssen hat nur der Mungo 75 km schiffbare Länge; so nahe tritt die erste Hochlandstufe ans Meer heran.

Das Meer ist das Grab der lebendigen Kraft des Flusses, die schon im Tieflandlauf hinfällig geworden war und nun erlischt. Jeder Fluß bildet daher jenseits seiner Mündung einen flachen Schuttkegel, der um so flacher geböscht ist, je feiner der Schutt, je geringer die Reibung, je größer die Wassermenge ist. Der rascher niederfallende grobe Schutt bildet den steilen Teil, der feine den weit hinaus abdachenden. Als Strombarre teilt diese Anschwemmung den Strom, und jeder Arm bildet eine neue Anschwemmung. Als innere Ausläufer dieses Kegels sind dann die Schuttränder anzusehen, die den Unterlauf des Flusses im Flachland einfassen; es sind nur die erhöhten Ränder der Zunge von Schwemmabsätzen, in denen das Bett liegt. Die Brenta z. B. fließt bei Borgo auf einer dammartig 10 m über

die Umgebung ansteigenden Aufschüttung. Solche Aufschüttungsbetten werden mit der Zeit für das umliegende Land eine Gefahr, da sie immer höher über dasselbe den Fluß erheben, der dann bei Dammbrüchen sich über seine Umgebungen hinabwälzt. De Pruyssenaere erzählt, wie an den Zuflüssen des Blauen Nils selbst die von Nilpferden durchgetretenen Pfade häufig Veranlassung zum Durchbruch der Uferdämme gaben. In solchen Schuttgebieten fehlt es anderseits auch nicht an Stauungen, weshalb Seen und Sümpfe den Unterlauf begleiten. Der Hoangho hat den größten Schuttkegel der Erde, in den er bei dem 150 m hochliegenden Kaifongfu eintritt.

Der Luapula (oberer Kongo) in Zentralafrika. Nach Poulett Weatherley. Vgl. Text, S. 99.

Die großen Laufveränderungen des Hoangho bedeuten ein Schwanken von der Nord- zur Südseite des gebirgshaft raschen Laufes zwischen beweglichen Sand- und Lößufern. Der Schutt ist dabei so gewachsen, daß man in die mauerumgebenen Städte am Hoangho aus dessen Anschwemmungsmassen hinabsteigt, die vor den Mauern einen höheren Boden aufgebaut haben. Da bei starker Schuttzufuhr jedes Hochwasser das Ufergelände erhöht, sieht man die angeschwemmten Ufer niedriger nach der Mündung des Flusses zu werden, denn der breiter werdende Strom streut seine Schwemmstoffe über größere Räume aus. (Über die Deltabildungen in Flußmündungen s. Bd. I, S. 411, und über die Küstenschwankungen, die den Unterlauf der Flüsse beeinflussen, s. Bd. I, S. 213 und 392.)

Wie weit den eigentlichen Küstendeltas die Schwemmbildungen eines Stromes sich nähern können, die weit vom Meere, aber in einer bereits sehr gefällarmen Landschaft abgelagert werden, zeigt der

vielzerteilte **Oderlauf** zwischen Gartz und dem Dammschen See (vgl. die Karte, Bd. I, S. 117). 0,38 m über der Ostsee spaltet sich bei Gartz die Oder in die Oder und die Reglitz; die Reglitz spaltet sich wieder und verbindet sich durch schmale linksseitige Arme mit der Oder. Beide Hauptarme fließen am Ost- und Westrand des 3—4 km breiten Thales nebeneinander her und verbinden sich unmittelbar vor ihrer Mündung in den Dammschen See noch durch mehrere Querarme. Die Oder spaltet sich noch einmal, ehe sie nördlich von der Reglitz in den See tritt. Die ebenen Flächen, bedeckt mit den Anschwemmungen des Stromes, die verflochtenen Flußarme, die Schwemminseln, alles ist deltahaft. Es fehlen nur die Brackwasserbildungen des Meeres, und natürlich fehlt die scharfe Abgrenzung meerwärts.

Indem das Meer in den Unterlauf eines Flusses eindringt und ihn erweitert, entstehen die **Ästuarien** (Esteros im Spanischen), Mündungsbecken mit trichterförmiger oder mit enger Mündung (Flaschenhals). Wilhelmshaven, der Mersey, der Tajo (s. die Karte, S. 139) gehören zu der zweiten Gruppe, von denen oft zweifelhaft ist, ob man sie mehr Meeresbuchten oder Strommündungen nennen soll. Ein Fluß, dessen Thal sich mit wesentlich gleicher Breite ins Meer fortsetzt, oft sogar unter das Meer, bildet auch dann kein Ästuar, wenn Gezeitenströme ihn durchfließen, wie der Hudson, der immer ein Fjord bis hinauf nach Troy bleibt. Ein mächtiger Mündungstrichter ist der untere St. Lorenz, der Seeschiffe bis Montreal trägt (s. die obenstehende Abbildung und die Karte, S. 102). Gironde, La Plata tragen mit Recht besondere Namen als selbständige Mündungsbuchten mehrerer Flüsse. Ist doch der Rio de la Plata nicht weniger als 300 km lang und an der Mündung 200 km breit, und ist doch bei Ebbe die ganze Mündung des Amazonenstromes von Süßwasser überflutet, wogegen die Flut Salzwasser in merklicher Menge 200 km aufwärts trägt. Was P. Dom. Muriel 1776 vom La Plata schrieb (bei Dobrizhoffer): „Was man den La Plata nennet, ist eigentlich ein ungeheuerer Meerbusen, worin Paraná, Paraguay und Uruguay zusammenströmen", gilt von allen Ästuarien, und zwar verkehrsgeographisch ebenso wie physikalisch-geographisch. Auch der Entstehung nach sind sie häufig ältere Meeresbuchten, nach denen der Fluß erst später seinen Lauf gerichtet hat.

Der St. Lorenzstrom in Kanada. Nach Photographie.

Wenn aus einem Lande Ströme und Flüsse von ähnlicher Schlammführung an einer Küste von übereinstimmender Böschung in ein Meer von gleichen Gezeiten treten, entstehen

Anschwemmungen, die miteinander verschmelzen und einen Küstensaum von übereinstimmenden Eigenschaften bilden. Vgl. Bd. I, S. 410 f. Rhein, Maas und Schelde samt Lys münden unter ganz ähnlichen Formen und äußeren Bedingungen und bilden auf diese Art die Niederlande. Die guineischen Flüsse haben vom Casamanca bis zum Pongo so breite und tiefe Mündungen, daß eine von den Gezeiten bewegte Brackwasserstrecke, ein Mittelding zwischen Fluß und Meer, entsteht, die ein Viertel, ja ein Drittel des ganzen Laufes beträgt. Ein Gewirr angeschwemmter Inseln und Halbinseln trennt diese Flußmündungen voneinander, die eine einzige, durch die übereinstimmenden Merkmale des Unterlaufes charakterisierte Landschaft bilden, in welcher hinter Barren und Mangroven die Flußmündungen für das die Küste ansegelnde Schiff oft kaum zu finden sind.

Die Tiefen der St. Lorenzbucht und der Cabotstraße. Nach G. Schott. Vgl. Text, S. 101.

Wenn wir auch einen ganzen Fluß in die drei natürlichen Abschnitte des Ober-, Mittel- und Unterlaufes zerlegen, ist doch nicht gesagt, daß dieselbe Gliederung sich nicht in einem und demselben Flußlauf mehrmals wiederhole. Der Oberrhein hat zwischen Basel und Bingen zuerst einen Oberlauf, der an den alpinen Oberrhein über dem Bodensee erinnert, bestehend aus einem Gewirr von Stromarmen und „Gießen", Inseln und Kiesgründen und bis zu Breiten von 2 km in seinem Bette umherschweifend. Von der Einmündung der Murg und Lauter an haben wir einen geschlossenen Mittellauf, der in weiten, aber vielfach scharf gebogenen Windungen die Niederung durchzieht. Den Unterlauf unterhalb Oppenheim bezeichnet endlich ein breites Bett von sanft gekrümmter Richtung, das großenteils durch langgestreckte, fischartig gestaltete Inseln gespalten ist; schwaches Gefälle, Sand- und Schlickführung machen aus diesem Abschnitt schon einen echten Tieflandstrom.

Der Ursprung.

Die Frage nach der obersten Quelle ist für größere Flüsse immer schwer zu entscheiden. Mit Sicherheit kann man einen Fluß immer nur bis an die Schwelle seines Quellgebietes verfolgen,

besonders wenn dies in einer unzweifelhaft die ganze Umgebung übertürmenden Erhebung gelegen ist, so daß man z. B. getrost sagen kann: der Pangani ist der Fluß des Kilimandscharo. Im Quellgebiete selbst aber macht die Fülle und Unbedeutendheit der Zuflüsse sehr oft die Auswahl unmöglich. Es steht seit langem fest, daß der Mississippi aus dem Itaskasee fließt, aber die Frage, ob Nicollet Creek oder ein Ausfluß des Elk Lake (s. Kärtchen, S. 104) sein eigentlicher Ursprungsarm sei, ist erst in der letzten Zeit zu gunsten des ersteren beantwortet worden. Seit Wischniakows Untersuchungen wissen wir, daß die Wolga aus einer unscheinbaren Quelle am Rand einer Sumpfwiese entspringt; dann zieht sie als schmaler Bach durch Moore und kleine Seen zu dem 10 Werst langen See Stersch, aus dem sie als Fluß heraustritt. Ähnlich muß man sich die Ursprünge südlicher Kongozuflüsse aus „Feuchtigkeit ausschwitzenden Sumpfwiesen" denken, die Livingstone zuerst beschrieben hat (vgl. Abbildung, S. 65). Erst die Erkenntnis des fast rein südnördlichen Laufes des Lualaba bis Stanley Falls hat dem Lubudi endgültig die Kongoquellen zugewiesen. Vgl. auch die nebenstehende Abbildung. In allen diesen Fällen legt man den Ursprung an die Stelle, wo der Fluß ein selbständiges Wesen wird. So auch im kleinen: Nicht irgend eine Quelle des Kottmar, die nicht einmal dauernd fließt, ist die Spreequelle, sondern der Spreeborn auf den Wiesen zwischen Altgersdorf und Spreedorf. Nicht in irgend einem Schmelzwasserabfluß der Firnflecke des Karwendelgebirges, der von oben herabkommt, sondern in jener Quelle auf dem Halleranger, die beständig fließt und das meiste Wasser der Isar zuführt, liegt der Isar-Ursprung.

Ein Quellsumpf des Nils. Nach Photographie von O. Schloifer.
Vgl. den nebenstehenden Text.

Mit besonderen Eigenschaften treten Flüsse aus den Sammelbecken der Seen und Gletscher hervor. Die Seenausflüsse führen eine aufgesammelte Wassermasse langsam, aber gleichmäßig, daher unter Verspätung der Schwankungen des Zuflusses ab. Der Höchststand der Flüsse ist das Ergebnis einer oder mehrerer Steigerungen der Zufuhr, während sich der Höchststand der Flußseen aus viel zahlreicheren einzelnen Steigerungen zusammensetzt. Auch sind alle Seenabflüsse ausgezeichnet durch eine schwache Sedimentführung bei großer Wassermasse. Die Gletscher schieben die Ursprünge der Flüsse weit hinab; in Wirklichkeit reichen dieselben bis in den Firn hinauf, so weit wie das Abschmelzungsgebiet, aber der Gletscher deckt sie zu.

Der Ursprung aus dem Gletscher ist also dem Hervortreten eines unterirdischen Flusses zu vergleichen. Solche Untereisflüsse bleiben allerdings, auch wo sie mächtig sind, wie man sie sich unter dem diluvialen Inlandeis denken muß, immer unselbständig, abhängig von ihrer Eisschale, die sie fesselt, mit der sie wandern. Gletscherabflüsse sind gleich den Seenabflüssen Reservoirflüsse, und die Eismassen der Gletscher regeln den Abfluß noch besser als die Seen. Deltaähnliche Bildungen am Ursprung eines Flusses sind nichts Seltenes in den Gletschergebieten, wo das Wasser des Gletschers mit Kies und Sand beladen hervortritt und sich so rasch ausbreitet, daß es eine große Anzahl von Anschwemmungsinseln bildet, die sich vor dem Gletscherende deltaförmig aneinanderreihen.

Die Quellen des Mississippi. Nach J. V. Brower, „Ultimate Source of the Mississippi River". Vgl. Text, S. 103.

Den großen Strömen die großen Gebirge zu Ernährern zu bestimmen, war eine von den verfehltesten Spekulationen der älteren Geographie. Es ist das ein Verstoß gegen den Thatbestand und zugleich gegen die Grundgesetze der Wasserverteilung auf der Erde. Wir danken diesem Verstoß nicht nur die Wasserscheidegebirge, die unsere Karten entstellten, sondern auch noch viel länger fortgepflanzte unrichtige Vorstellungen, wie z. B. den Ursprung des Rio Negro in den kolumbischen Anden, der in Wirklichkeit auf einer Tieflandhöhenstufe liegt. Die mächtigsten Zuflüsse der großen süd- und nordamerikanischen Stromsysteme entstehen auf Hochländern von geringer Erhebung. Von den unbedeutenden Landhöhen Nordamerikas fließt der Mississippi (s. das nebenstehende Kärtchen), von dem in weiten Strecken 400 m Höhe nicht erreichenden zentralbrasilischen Hochland der Paraguay und Paraná, der Paranatinga, Schingú und Tocantins. Karl von den Steinen sagt von dem den atlantischen Winden überall leicht zugänglichen zentralbrasilischen Hochland: „Der reiche Wassergehalt der Luft erzeugt überall Niederschläge, überall quillt und rauscht es, kleine unscheinbare Quellbäche fließen zusammen und erzeugen schließlich die wasserreichen Riesenströme, die dem Amazonas zueilen." Nicht der große Missouri, der von den firngekrönten Felsengebirgen kommt, sondern der Ohio, der Mittelgebirge und Hügelländer entwässert, ist der mächtigste Mississippizufluß. Muß man nicht ein solches Verhältnis erwarten, wenn man den großen Unterbau der amerikanischen Westgebirge sieht, über den ansteigend die Luft früh ihre Feuchtigkeit verliert?

Nicht immer sind diese Quell- und Ursprungsfragen nur Nüsse für gelehrte Nußknacker. Bei Abgrenzungen werden sie sehr praktisch, und wo es sich um den Wasserbezug für künstliche Bewässerung handelt, erlangen die kleinsten Quellfragen große Wichtigkeit. Die Unklarheit über den Quellarm des Oxus (Amu Darja), der als der „eigentliche" Oxus anzusehen sei und daher die Nordgrenze des von Afghanistan bis zur Pamir beanspruchten Gebietes bilden sollte, gehörte zu den großen Schwierigkeiten der russisch-englischen Grenzfragen; es handelte sich um die Zugehörigkeit des ganzen Landes zwischen Schignan und Wachan (vgl. das untenstehende Kärtchen).

Die Beziehungen des Grundwassers zu den Flüssen an der Oberfläche sind doppelter Art. Den Flüssen fließt Grundwasser zu, und die Flüsse geben von ihrem Wasser wieder an das Grundwasser ab. Beides geschieht, wo ein Thal in durchlässige, wasserführende Schichten eingeschnitten ist. Der erstere Fall wird häufiger eintreten als der zweite und ist von größerer praktischen Bedeutung wegen der Eigenschaft des Grundwassers als Sammelbecken, die wir oben (S. 63) geschildert haben. Die sichtbarste Bereicherung empfängt der Fluß aus dem Grundwasser bei seinem Ursprung, aber auch spätere Zufuhren treten in seinen Lauf ein, nicht bloß, wo an den Thalwänden Quellen hervortreten, sondern auch auf der Thalsohle. Hier entziehen sie sich in der Regel der Beobachtung, aber z. B. im Tanagro treten bei Sicignano so starke Quellen aus dem Boden, daß sie seine Wassermenge von 7,6 auf 15,3 cbm steigern. Auch kommt es vor, daß Flüsse im Oberlaufe durch Ableitung in die Bewässerungsgräben ihr Wasser verlieren, wie es in der Lombardei oft geschieht (s. oben, S. 67), sich aber weiter unten wieder durch das Eindringen des Grundwassers füllen. Über die Abgabe der Flüsse an das Grundwasser, die man weit überschätzte, als man z. B. die Libyschen Oasen auf durchgesickertes Nilwasser zurückführte, siehe ebenfalls im Quellen-Kapitel, S. 63.

-------- *Russisch-Afghanische Grenze* Maßstab ungefähr 1 : 1 000 000 0 —— 10 —— 20 *Kilomtr.*

Die Quellen des Oxus. „The Geographical Journal", Januar 1899.

Fluß und Niederschlag.

Für das Verhältnis des in Flüssen abfließenden Wassers zu der Niederschlagsmenge des betreffenden Gebietes wird gewöhnlich ein Drittel angegeben. So hat Arago angenommen, daß die Seine bei Paris ein Drittel der Niederschlagsmenge des Seinebeckens abführt, und Maenß ist zu derselben Zahl für die Elbe bei Magdeburg gelangt. Auch für die Iller scheint Hildebrandt geneigt, eine ähnliche Größe anzusetzen. Die genauen Untersuchungen Harlachers über die Wassermenge der Elbe in Böhmen ergeben 26 bis 28 Prozent. Die Schätzung Gräves:

31,4 Prozent für die größeren deutschen Flüsse, kommt diesem Verhältnis nahe. Indessen darf man das Vertrauen auf allgemeingültige Verhältniszahlen nicht zu weit treiben, und es ist jedenfalls geboten, alle Umstände kennen zu lernen, die den Abfluß regeln. Die abfließende Wassermenge wird in erster Linie durch die Beschaffenheit des Bodens beeinflußt; dieser nimmt mehr Wasser auf, wenn er ausgetrocknet ist, und weniger im Winter, wenn er feucht oder selbst gefroren ist. In der Saale fließen im Winter (November bis April) 51 Prozent der Niederschläge, im Sommer 17,3 Prozent, also im Winter fast dreimal soviel ab. So führt auch die Elbe aus Böhmen im März, wo die aufgesammelten Schnee- und Eismassen des Winters rasch in den flüssigen Zustand übergehen und den Flüssen zugeführt werden, 75 Prozent der Niederschläge ab, im August 11 Prozent. Ferner lassen reichliche Niederschläge einen größeren Teil abfließen als schwache. Penck berechnet, daß ein Boden, der 600 mm Niederschläge empfängt, 24 Prozent davon abfließen läßt, einer, der 900 empfängt, 33, einer, der 1800 empfängt, 56.

Unterschiede des Abflusses werden aber auch bewirkt durch leichte Änderungen im Flußbett, Drainage- und Staueinrichtungen, Änderungen der Vegetation, besonders des Waldes, der von den regenauffangenden Blättern bis zu seiner Moosdecke wasseraufhaltend und -zerteilend wirkt. Die Altwässer, Moore und Sümpfe ungeregelter Flüsse hemmen den Abfluß merklich. So ist im Amazonas das späte Eintreffen hoher Wasserstände im Unterlauf auch den zahlreichen Altwässern und „Seitenschößlingen“ (s. oben, Seite 98) zuzuschreiben, die einen Teil des Wasserüberflusses aufnehmen. Darin und nicht in einer Vermehrung der Niederschläge durch den Wald, die im besten Fall nur gering sein könnte, liegt die Bedeutung des Waldes für die regelmäßige und ausdauernde Bewässerung eines Landes. Natürlich ist die Wassermenge, die ein Fluß aus seinem Gebiete herausführt, nicht bloß von den Niederschlägen abhängig, die auf dieses Gebiet fallen, sondern auch von der Verdunstung. Die Verdunstung aber hängt ab von der Wärme, von der Feuchtigkeit und den Winden, von der Bodenbeschaffenheit, da durchlässiger Boden das einsickernde Wasser vor Verdunstung schützt, und endlich vom Pflanzenwuchse. Man kann daher nur für Flüsse, die unter ganz bestimmten klimatischen Verhältnissen stehen, das Verhältnis der abfließenden Menge zu der niederfallenden im allgemeinen bestimmen. Für die Flüsse der kalten gemäßigten Zone, z. B. für die Flüsse Deutschlands, kann man wohl annehmen, daß annähernd ein Viertel bis ein Drittel der Niederschläge abfließt. In Hochgebirgen, wo das Wasser rasch abfließt, wird aber die abfließende Menge noch größer sein. In Ländern trockenen Klimas fließt dagegen viel weniger ab, in Ländern der nördlichen Passatzone vielleicht nur ein Achtel, und in den eigentlichen Steppengebieten sind die Beispiele nicht selten, daß wenigstens oberflächlich gar nichts zum Abfluß kommt, wenn die Verdunstung und die Aufsaugung sich in die Wassermenge teilen.

Nach den Beobachtungen des Hydrographischen Amtes der Vereinigten Staaten von Amerika fließen von Berghängen 3/4 des Regenfalles, von welligem Prärieland 3/8 ab, wenn die Regenmenge 1200 mm beträgt, aber nur 7/20 von jenen und 1/10 von diesem, wenn sie nur den halben Betrag erreicht. Bei 300 mm Regen fließt vom Prärieboden soviel wie nichts mehr ab.

Was den Abfluß des Wassers hemmt, strebt auf die Ausgleichung der Unterschiede des Wasserstandes hin. Auf Schneeschmelze, Schuttreichtum des Bettes, zahlreiche Nebenarme führt es zurück, daß Niederwasser, Mittelwasser und Hochwasser sich in der Isar bei München von 1 : 2,1 : 19, in der Elster bei Leipzig wie 1 : 2,7 : 100 verhalten. Das Verhältnis von 1 : 3,7 : 20 für die Elbe bei Torgau zeigt die abgleichende Wirkung eines großen Flußsystemes. Im Rhein zeigt das Verhältnis 1 : 6,6 zwischen Tiefst- und Höchststand noch beim Eintritt ins Delta den Einfluß der sommerlichen Schnee- und Gletscherabschmelzung, wozu auch noch der Einfluß

des Bodensees kommt, der als ein großes Sammelbecken wirkt. Oberhalb des Bodensees verhalten sich die Wassermengen des Tiefstandes und Hochstandes wie 1:70, bei Basel wie 1:14, in der Mosel bei Metz wie 1:98. Das Verhältnis 1:312 in der Loire bei Briare zeigt den raschen Abfluß von einem wald-, sumpf-, seen- und schneearmen Gebiet. 1:12 im Mississippi oberhalb der Ohiomündung zeigt den Einfluß der Ungleichheit des Missourizuflusses. Der Schire zeigt, durch den Nyassa und Malomba geregelt, nur 1 m mittleren Standunterschied. In Patagonien führen nur die aus Seen kommenden Flüsse ihre Wasser ins Meer, die seenlosen versiegen vorher.

Wo nun mit Seenreichtum sich geringes Gefälle, vielgewundener Lauf und zahlreiche Nebenwässer verbinden, entsteht die größte Stetigkeit der Wasserabfuhr, wie bei der Havel und anderen Querflüssen des norddeutschen Tieflandes. Liegen große Klimaunterschiede nebeneinander, so äußert sich sofort die größere Kraft des Abflusses des feuchteren Striches in der Gestalt seines Laufes und seines Bettes. Der Orontes hält sich den Weg zum Mittelmeer offen, weil er aus einem Gebiete kommt, das regenreicher ist als das Ghôr. Wo der begünstigtere Chotan Darja mit dem Jutschikka Darja zusammentrifft, hat er sein Bett 1,5 m tiefer gegraben als dieser.

Der Wasserstand.

Entsprechend den Niederschlägen und den aus der Schnee- und Eisschmelze stammenden Wassermassen und ihrer Verdunstung schwanken die Flüsse von Jahreszeit zu Jahreszeit zwischen Tiefstand und Hochstand, und manche schwanken in viel kürzeren Perioden. Diese Änderungen wachsen mit der Kleinheit des Flusses und der Ähnlichkeit der Wasserstände seiner Zuflüsse. Da nun die die Wasserzufuhr bestimmenden Umstände nicht in allen Teilen eines großen Flußgebietes dieselben sind, ist der Wasserstand eines großen Flusses das Ergebnis mannigfaltigerer Einwirkungen als der eines kleinen. Und ebenso wird ein Flußgebiet, das in einer und derselben Klimazone liegt, größere Unterschiede des Wasserstandes zeigen, als ein durch mehrere Zonen sich erstreckendes, in dem Unterschiede sich ausgleichen. Auch die Entfernung der Zuflußgebiete macht sich im Sinne der Ausgleichung geltend: so lesen wir denn im Fallen und Steigen eines Stromes die klimatischen und hydrographischen Zustände eines weiten Gebietes, das er entwässert. Wenn ein trockener, aus einem breiten Streifen weißen und grauen Kieses bestehender Bach der Kalkalpen sich plötzlich mit einer rasch daherfließenden, trüben Wassermasse füllt, zweifeln wir nicht, daß oben im Gebirge ein starker Regen niedergegangen ist; wenn aber in demselben breiten, steinigen Bett nur schmale grüne, klare Wasserstreifen dahinrinnen, wissen wir ebenso sicher, daß ein langsames Abschmelzen alten Eises und Firnes der Ursprung dieses Wassers ist. Das ist ebenso, wie wenn wir aus den Nilüberflutungen des Spätsommers die Sommerregen von Äquatorialafrika oder aus den Frühsommerfluten des Mississippi die Schneeschmelze im oberen Mississippigebiete herauslesen. Damit haben wir nun die zwei größten Ursachen der Schwankungen der Wasserstände der Flüsse genannt, nach denen vorläufig der Charakter dieser Schwankungen zu unterscheiden ist: unmittelbarer Zuwachs flüssiger Niederschläge und mittelbare Zufuhr durch Schmelzung von Eis und Schnee.

Fast rein abhängig von den flüssigen Niederschlägen sind die Flüsse der Tropen und der Monsungebiete, und da die Mehrzahl dieser Niederschläge in der warmen Jahreszeit fällt, haben die Flüsse dieser Gebiete in der Regel einen Sommerhochstand. Auch im größeren Teil der kälteren gemäßigten Zone wiegen im Tief- und Hügelland Sommerniederschläge vor, und wenn die beiden Ursachen zusammentreffen, entstehen aus Sommerregen und Schneeschmelze Hochwässer

von besonderer Größe. Wir finden demnach in den gemäßigten Zonen in Hügel- und Tiefländern Winter- und Frühlingshochstände, in den Gebirgen, wo die Schneeschmelze später einsetzt, Sommerhochstände; Sommerhochstände haben so gut die Alpenflüsse wie die Himalayaflüsse und die Abflüsse der Felsengebirge bis hin zum Colorado; und noch ausgesprochener sind wegen der festen Winterniederschläge ihre Winter- und Frühlingstiefstände. Da hingegen die größere Menge der Niederschläge in den subtropischen Zonen im Winter fällt, haben wir Winterhochstände der Flüsse des Mittelmeergebietes, Westasiens, Kaliforniens, Chiles. Auch in der gemäßigten Zone entstehen im Seeklima durch das Wintermaximum der Niederschläge Winterhochstände. In den Gebirgen der gemäßigten Zone, deren Klima sich im allgemeinen dem Seeklima nähert, fallen die meisten Niederschläge ebenfalls im Winter, werden aber, da sie großenteils als Schnee fallen, bis zur Schneeschmelze dort festgehalten. Je nach der Zeit der Schneeschmelze liegen auch in demselben System die davon abhängigen Anschwellungen verschieden; der Oberrhein hat sie durch den Einfluß der Alpen im Juli, der Mittelrhein schon im Februar. Bei starken Unterschieden der Wärmeverteilung vermindert die Wärme im Sommer durch Verdunstung den Wasserstand sehr beträchtlich.

Flüsse aus Gletschern und aus schneebedeckten Gebieten zeigen tägliche Schwankungen des Wasserstandes, die der Eis- und Schneeschmelze entsprechen. Mittags beginnen sie zu steigen, wo sie unmittelbar aus dem Gletscher oder dem Schneefeld ihre Zufuhr empfangen. Weiter unten tritt die Anschwellung später ein. De Saussure, der auch diese Erscheinung zuerst aufgezeichnet hat, beobachtete, wie bei Genf im Sommer die Arve morgens höher stand als am Abend, und schrieb diese Verspätung der Ankunft der Schwellung dem weiten Weg zu, den die Arve zu machen hat. Gletscherbäche zeigen diese Periode nur im Hochsommer, Tieflandflüsse dagegen im Winter und Frühling, solange ihr Einzugsgebiet Schnee hat. In tropischen Gletschergebirgen erreicht das Wachstum unter heißer Sonne gewaltige Höhen, so werden unter der mächtigen Sonnenstrahlung die Gletscherbäche des Himalaya, die man morgens durchwatet, nachmittags mächtige Flüsse.

Ein Blick auf die Flüsse Europas zeigt uns die klimatischen Abwandelungen auf engem Raum. In Mitteleuropa finden wir zunächst zwei Typen. In unseren deutschen Mittelgebirgs- und Tieflandströmen ist der Gang der Wasserstände bezeichnet durch starke Wasserführung von langer Dauer im Winter, Hochstand im Nachwinter und Frühling, und niederste Stände mit beträchtlichen Anschwellungen von kurzer Dauer im Sommer und Herbst. Die Anschwellungen des Winters sind höher und dauernder als die des Sommers. Der tiefste Wasserstand wird im Herbst erreicht; von da langsames Steigen bis zum März oder April, dann wieder Sinken, beschleunigt von der Zeit der stärksten Verdunstung im Juni an. In noch größerem Maße zeigen denselben Wechsel etwas verspätet die russischen und sibirischen Tieflandströme. Einem anderen Typus gehören die Alpenflüsse an. Sie haben einen sommerlichen Hochstand, den die Schmelzung des Schnees und Eises hervorbringt, und einen winterlichen Tiefstand wegen der Erstarrung des Wassers ihrer Quellgebiete. Dieselbe Ursache führt zu ähnlichen Wirkungen in allen Flüssen, die aus schneebedeckten Hochgebirgen kommen. Unter den deutschen Flüssen vertritt der obere Rhein diese Gattung mit einem langsamen Ansteigen von einem Februarminimum durch März und April, kräftiger im Mai, zum Maximum im Juli, dann Fallen vom August an mit der Verminderung der Niederschläge und der Schneeschmelze und wieder Ansteigen mit der Zunahme der Herbstniederschläge zu einem zweiten Hochstand im November.

Die Alpenzuflüsse des Po haben mit ihrem beträchtlichen, auch im Sommer aushaltenden Wasserreichtum noch einen mitteleuropäischen Charakter, während in den Apenninzuflüssen, vom Tanaro an, uns zum erstenmal Flüsse vom mittelmeerischen Typus entgegentreten, die im Winter wasserreich sind und im Sommer fast trocken liegen. So hat in Griechenland die wohlbefeuchtete Westküste noch dauernde Flüsse, während wir an der Ostküste des Peloponnes nur Flüsse finden, die einen Teil des Jahres in ihrem Schutte versinken, und in Spanien zeichnet dauerndes Fließen die in den Pyrenäen und der Sierra Nevada entspringenden Flüsse aus. Der Typus der Fiumare wird hier herrschend, auch dieser

Unterschied trägt dazu bei, Ober- und Mittelitalien schärfer auseinanderzuhalten. Bei den ersten Oktoberregen schwillt ein bis dahin fast trocken liegender Apenninzufluß plötzlich zum Zehnfachen seiner mittleren Wasserführung und wälzt entsprechende Massen von Geröll fort. So führte der Reno, der gefürchtetste aller Po-Zuflüsse (jetzt abgeleitet), am 22. und 23. Oktober 1872: 1160 cbm Wasser in der Sekunde, gegen 95 cbm, die er im Mittel hat. In solchen Grenzgebieten tritt der Fall ein, daß ein Fluß aus regenreicherem Gebiete mit einem aus regenärmerem sich vereinigt, wie die Kura mit dem Araxes, wobei die Kura trotz ihres kürzeren Laufes der Wasserfülle nach mächtiger ist; ihr Sammelbecken liegt noch in Gebieten, die unter dem Einfluß des feuchten pontisch-kolchischen Klimas stehen. Der Arkansas bietet das interessanteste Beispiel eines Flusses, dessen Gebiet in der Zone der Frühlings- und Herbstregen liegt, zugleich aber Schneeberge des Felsengebirges umfaßt, weshalb man drei Hochstände von kurzer Dauer im Frühling, Sommer und Herbst unterscheidet. Der südlicher fließende Red River von Texas entbehrt der Schnee- und Firnquellen und hat daher nur einen Winter- und Frühlingshochstand.

Steppenflüsse sind durch ungemein rasch wechselnde Wasserstände ausgezeichnet. Die Kürze ihres Laufes und der in vielen Fällen felsige Boden ihres Bettes lassen den Gegensatz zwischen der vollständigen Trockenheit und der Ausfüllung der ganzen Rinne mit dem Wasser eines wolkenbruchartigen Regens, der selbst in der Wüste vorkommt, schroff hervortreten. Am 12. April 1899 überschwemmte ein Wolkenbruch von ganz beschränkter Ausdehnung das Wadi Urirlu in der Westsahara, das in der Breite von 800 m mannshoch unter Wasser gesetzt wurde. Im Salt River, dem Zufluß des Gila, kommt es vor, daß die Wassermasse in drei Stunden auf das Sechsfache wächst. Und der Rio Grande (Neumexiko) hat im Mai achtzigmal soviel Wasser wie im Dezember, wo er zu Tümpeln eintrocknet. Seine Geschiebe- und Schlammführung wächst gleichzeitig auf das Achtunddreißigfache. Winterregen steigerten im Dezember 1877 die Wassermasse des Scheliff (Algerien) nahezu auf das Dreißigfache; in 24 Stunden führte er damals nahezu 4 Millionen Tonnen fester Stoffe ins Meer, genug, um eine Fläche von 3 qkm fast um 1 m zu erhöhen. Wie dieser Schwall von Geschieben die Gestalt des Flusses völlig umwandelt, werden wir bei der Betrachtung der Fiumaren sehen.

Die Flüsse der Tropen stehen unter dem Einfluß der mit der Sonnenhöhe steigenden Niederschläge der Regenzeiten. Ströme mit Zuflüssen nördlich und südlich vom Äquator steigen durch südäquatoriale und nordäquatoriale Sommerregen in entgegengesetzten Jahreszeiten und empfangen außerdem regelmäßige Zufuhr aus äquatorialen Gebieten mit Regen zu allen Jahreszeiten. Solcher Art sind der Amazonenstrom und der Kongo. Aus dem Steigen des unteren Kongo im Nordsommer konnte man schon vor der Entdeckung des Kongobogens schließen, daß ein Teil des Kongogebietes nördlich vom Äquator liegen müsse. Der Amazonenstrom empfängt seine Wassermassen aus Westen, Süden und Norden, zum Teil aus Gebieten, wo es in allen Jahreszeiten regnet. Nur die weit nach Süden greifenden Zuflüsse erfahren den Einfluß der Passatzone, daher ein Fallen des Wasserstandes in der Südwinterzeit und ein Hochstand vom Dezember bis März in der Regenzeit der Südgebiete. Der Nil empfängt die Hauptmasse seines Wassers aus nordäquatorialen Gebieten, wenn auch seine Quelle im Süden des Äquators liegt; daher tritt die berühmte Überschwemmung Ägyptens im Sommer und Herbst ein. Der Ganges reicht in ein Gebirge mit Winterniederschlägen hinein, die ausgleichend auf seinen vom Sommermonsun genährten Mittel- und Unterlauf wirken.

Der tropische Regenreichtum schafft in den Äquatorialgebieten mit Regen zu allen Jahreszeiten zahlreiche und wasserreiche Flüsse. Selbst kleine Inseln entwickeln reiche Flußnetze. Von São Thomé heißt es, es habe so viel Flüsse wie Tage im Jahre, und aus Borneo berichten die Reisenden mit Staunen von Flüssen, die nach einigen Meilen Lauflänge zu Rheingröße, und Bächen, die bei jedem Regenguß zu Flüssen anwachsen. Der Barito Borneos ist ein kurzer

Riesenstrom mit 5600 m Breite an der Mündung und 545 m Breite 130 km weiter oben, aber seine Länge wird nur auf 900 km geschätzt.

Flüsse und Zonen.

Die geographische Verteilung des fließenden Wassers über die Erde zeigt vier Minimal- und drei Maximalzonen der Stromentwickelung. Jene sind die beiden Polargebiete und die Passatgürtel, diese die beiden gemäßigten Zonen und der Tropengürtel. Der Tropengürtel umschließt die wasserreichsten und ausgedehntesten Stromsysteme; in den gemäßigten Zonen finden wir zahlreiche mittelgroße Ströme, in den Passatregionen walten die Fiumaren

Wadi Terrgurt in Süd-Tripolis. Nach Photographie von H. S. Cowper.

oder Wadis und in den Polarregionen die Eisströme der Gletscher vor, die in Firnmeeren entspringen, um in gefrierende Meere zu münden, deren Eis sie mit Eisbergen bereichern. Es ergeben sich daraus auch drei große Gürtel des Flußverkehres in der tropischen und den zwei gemäßigten Zonen, und zwischen ihnen Gürtel ohne Flußverkehr in den Passatzonen, abgesehen von den Fällen, wo ein sehr mächtiger Strom, wie der Nil, aus einer anderen Zone her in diese eintritt.

Sehr schön zeigt Afrika die zonenförmige Anordnung der Flüsse. Der stromlosen Sahara, die nur Schutt-Thäler, Wadis (s. Bd. I, S. 586, und die obenstehende Abbildung) hat, folgt, mit dem Senegal beginnend, eine wohlbewässerte Küste, an der Niger und Kongo mächtige Wassermassen ergießen. Doch fehlt schon den mittleren Flüssen dieser nicht regenarmen Region in der Trockenzeit die regelmäßige Zufuhr. Lenz schrieb 1875 Ende August, also Ende der Regenzeit, vom unteren Ogowe: „Der Ogowe bietet gegenwärtig ein ziemlich trauriges Bild. Der sonst breite, mächtige Strom ist auf einzelne schmale, oft kaum 2 Fuß tiefe Wasserstreifen

zusammengeschmolzen, und ausgedehnte Sandbänke füllen das Flußbett aus.“ Aber schon der Fluß von Benguella in etwa 12° südl. Breite ist nur eine Fiumare, die sich in der Regenzeit in einen Sumpf verwandelt. Jenseit des Cunene erreichen die Flüsse des Hererólandes nur selten die See. Begünstigt durch das im Sand und Kies fortsickernde Wasser, findet man aber noch im Hoarusibfluß eine kräftige Tropenvegetation mit Palmenhainen und Galerienwäldern. Weiter südlich haben in den Thälern die Hereró, angeleitet durch ihre Missionare, sogar angefangen, Weizen zu bauen. Aber südlich des 30. Grades nördl. Breite ist an der Westküste Afrikas von einer eigentlichen Flußbildung nicht mehr die Rede. Auch von der Küste Afrikas am Roten Meere sagte schon vor bald 400 Jahren Alvarez: „Wir konnten von keinem Flusse erfahren, der von Äthiopien ins Rote Meer geht, denn alle versiegen, wenn sie in das flache Land hinausfließen.“ Nur die stärksten durchbrechen bei ungewöhnlichem Wasserreichtum die Schuttbänke, die sie selbst am Meeresrand aufgebaut haben. Nicht anders finden wir es im Inneren des Erdteils. Nachtigals Erkundigungen (1874) zerlegten das Land südlich von Wadai in eine Anzahl von hydrographischen Zonen, die ein treffendes Bild der klimatischen Abstufungen gewähren. Alle Wasserläufe des Dar Runga, sagte man ihm, füllen sich erst in der Regenzeit; erst um den 6. Grad nördl. Breite soll der Bahr Erdhe, den man in zwölf Tagen von Kuti erreicht, als Strom, dessen Wasserreichtum dem des Schari gleichkommt, gen Westen fließen und noch sieben Tagereisen südlicher der Bahr Kuta, noch wasserreicher als der Schari, die Südgrenze von Banda bilden und zu den Fellâta fließen.

Flüsse, die aus einem feuchten in ein trockenes Land fließen, nehmen im Unterlaufe ab, und selbstverständlich auch alle, die nur in trockenem Lande fließen, also alle Steppenflüsse. So entstehen also Flüsse mit verkümmertem Unterlaufe, dessen Stelle eine verfrühte Ausmündung einnimmt. Das ist schon bei der Wolga zu erkennen, deutlicher beim Murray, der ein Siebentel Australiens entwässert und in feuchten Jahren gegen 4000 km schiffbare Strecken bietet: er hat einen engen Eingang und bringt sehr wenig Wasser zum Meere herab.

Als dem schwedischen Jäger Andersson erzählt wurde, der Ngamisee-Zufluß Tioghe, als dessen Entdecker Andersson gelten darf, behalte nicht immer seine untere Breite von 30 m, sondern werde weiter oben größer, war er sehr erstaunt über ein so regelwidriges Verhalten. Ein Blick auf die Karte von Zentralasien zeigt uns aber viel auffallendere Verstöße gegen die Gesetze des Flußwachstums. Der Seraffchan durchfließt 250 km lang das Bergland Kohistan mit dem hochgebirgshaften Gefälle von 11 m auf 1 km. In die Ebene von Buchara hinausgetreten, verliert er sehr bald seine Geschwindigkeit, wenn er auch noch im Mai bei der Schneeschmelze ein reißender Fluß ist. Aber 36 km vom Oxus entfernt, endigt er im Wüstensand in dem seichten See und Sumpf Kara-kul.

Hochwässer.

Rennell sagt in seiner Monographie des Ganges: „Neben den Erdbeben sind es vielleicht die Fluten der großen tropischen Ströme, die die raschesten Veränderungen an der Erdoberfläche hervorrufen.“ Warum sollen hier nur die großen tropischen Ströme und nicht auch die der gemäßigten und kalten Zonen genannt werden? Die Ströme Sibiriens verursachen besonders unter dem Einflusse des Eises Überschwemmungen von kaum geringerer Wirksamkeit als der Nil oder der Ganges. Das Hochwasser des Mississippi von 1858 hatte von Cairo bis Memphis die unter Wasser gesetzte Uferstrecke mit 0,8 m hohen Sandlagen bedeckt, die Sandbänke erhöht, zehn mehr oder weniger bedeutende Flußinseln durch Ausfüllung der sie vom Lande trennenden Kanäle in Halbinseln verwandelt (vgl. das Kärtchen, S. 112). Im Naturzustand sind die Hochwässer eine gewöhnliche Eigenschaft aller Flüsse, die ihre Wassermassen nicht sehr rasch in stark geneigten

Bahnen abführen, also vor allem der Tief- und Hügellandflüsse. Man sieht nicht ein, warum ein Fluß wie der Amazonenstrom, der alljährlich einen großen Teil seiner Umgebung unter Wasser setzt, immer nur in der Zusammengeschrumpftheit seines Tiefstandes betrachtet wird. Das mag bei hochuferigen, eingeengten Flüssen am Platze sein, die immer in derselben Rinne fließen, aber zum Wesen der flachuferigen Flüsse gehören die Hochwässer überall da, wo die Dämme nicht künstlich erhöht und befestigt sind.

Das Hochwasser hat zwei Wirkungen: es verwandelt ein weites Nachbargebiet zu beiden Seiten des Flusses in einen Zustand, der ein Mittelding zwischen Fluß und See ist, und es steigert mit der Masse die Geschwindigkeit und damit die lebendige Kraft des Flusses. Wenn der angeschwollene Ganges dreimal soviel Wasser wie gewöhnlich führt, steigert er seine Geschwindigkeit im Verhältnis von 3 zu 5. Diese Steigerung ist natürlich größer bei Flüssen, deren Hochwasser sich nicht über eine weite Fläche ausbreitet. Jedes Hochwasser ist ein vorübergehender See. Schon der langsam sich herausbildende Unterschied des höchsten und niedersten Nilwasserstandes (15 m in Assuân, 10 m in Theben, 7 m in Kairo) bedeutet eine Aufeinanderfolge grundverschiedener Zustände. Jetzt ist das Nilthal eine Kultursteppe mit einem von allen Seiten eingeengten Wasserfaden, dann ein Süßwassersee von Berg zu Berg, in dessen Mitte sich ein trüber Strom mit beschleunigter Geschwindigkeit bewegt. Das Ganze bedeutet zugleich eine gewaltige Steigerung der Arbeit des Stromes in Fortbewegung und Anschwemmungsbildung.

Das Überschwemmungsgebiet des Mississippi. Nach „The Scottish Geographical Magazine“, 1897. Vgl. Text, S. 111.

Die Nilüberschwemmungen sind verhältnismäßig einfach und ebendarum regelmäßig, weil sie durch ein niederschlagsloses Gebiet führen, so daß die aus einer breiten Sommerregenzone kommende, durch die Seenflüsse der Äquatorialzone verstärkte Schwellung ziemlich rein zum Ausdruck kommt. Daher ist das Steigen und Fallen des Nils eine der regelmäßigsten Erscheinungen in der Naturgeschichte der großen Ströme. Mit Recht vergleicht man sie dem Steigen und Sinken der Sonne im Gange der Jahreszeiten: Beginn des Steigens im Juli, höchster Punkt Ende des September, Sinken zu einer mittleren Höhe im Januar und Erreichung des tiefsten Standes im Juni. Man hat den 30. September als den mittleren Tag des höchsten Standes, den 18. Juni als den des niedrigsten gefunden. Anders beim Ganges, Brahmaputra, Amazonas, Orinoko, wo im mittleren und unteren Laufe Überschwemmungen durch den örtlichen Niederschlagsreichtum dieser Gegenden oder durch das Anschwellen des Stromes weiter oben oder aus beiden Gründen entstehen, sich aneinander reihen oder auch sich summieren. Wir hören aus regenreichen Tropengebieten von plötzlichen Steigerungen

um 12 m in wenigen Stunden; solches wird vom Chagres der Panama Landenge berichtet. Dieses Flüßchen würde eben durch seine unberechenbaren Anschwellungen eine der größten Gefahren des interozeanischen Kanals von Panama sein.

Noch plötzlicher treten Hochwässer infolge von Dammbrüchen, See- und Gletscherausbruchen, Stauungen durch Bergstürze auf und verlaufen nach oft sehr bedeutenden Anschwellungen und Verwüstungen rasch. In Gebieten, deren Boden lockerer Schutt bildet, belädt sich ein Fluß mit Schlamm und Sand. Mit „einer kochenden, siedenden Lehmsuppe“ vergleicht Sven Hedin die Wassermassen eines kleinen Zuflusses des Kaschgar Darja nach eintägigem Regen, wie sie sich, begleitet von dem Nebel des Spritzwassers, verwüstend einherwälzten. In den Flüssen der gemäßigten Zone erscheinen die Hochwässer am häufigsten als Folge rascher Schneeschmelze oder starker Sommergewitterregen; seltener sind die Hochwässer durch Eisstauung. Unter den bisher aufgezeichneten Elbfluten kommen 17 auf den Januar, 33 auf den Februar, 19 auf den März, 7 auf den April, 8 auf den Mai, 17 auf den Juni, 12 auf den Juli, 18 auf den August, 3 auf den September, 2 auf den Oktober, 2 auf den November, 8 auf den Dezember. Die weitaus größte Zahl fällt also auf den Winter, die nächstgrößte auf den Sommer, die kleinste auf den Herbst.

Im allgemeinen verlaufen sich die Hochwässer im Unterlauf rasch in der großen Ausbreitung des Flusses nach der Mündung hin. Stürmische, schuttreiche und rasch verlaufende Hochwässer sind dagegen bezeichnend für den Oberlauf. Rennell hat am Ganges gezeigt, daß ein Hochwasser von 6 m bei Custee auf 2 m bei Luckipur fällt. Die zahlreichen abzweigenden Nebenwässer tragen dazu viel bei. Bei den geringen Höhenunterschieden in den Mündungstiefländern schließt dies Überschwemmungen nicht aus, die besonders durch lange Dauer ausgezeichnet sind.

Eine besondere Art von Hochwässern sind die Stauungshochwässer, die vom unteren Teil eines Flusses her wirken, wo der Abfluß gehemmt wird, so daß ein Überfließen weiter oben eintreten muß. Die Stauung des Donauwassers in den Felsenengen zwischen Bazias und Orsowa bringt rückwirkend Hemmungen des Abflusses des Oberlaufes der Donau und Theiß hervor, deren einer 1879 Szegedin zum Opfer fiel. Viel häufiger sind die Eisstauungen, die zu den gewöhnlichen Erscheinungen bei allen Flüssen gehören, deren Mittel- oder Unterlauf noch eisbedeckt ist, wenn die Frühlingshochwässer ankommen. Solche Hochwässer treten in Flüssen auf, die nach Norden zu fließen; sie sind häufig in den sibirischen Strömen, am Athabasca, kommen auch an der Weichsel vor. Flüsse, in deren Thal enge Stellen den Eisgang hemmen, haben ebenfalls Stauhochwässer zu befürchten. Auf dem Rhein hat sich öfter das Eis in den Engen von Bingen gestellt und den darüber liegenden Teil des Flusses über seine Ufer gedrängt.

Fiumaren und Steppenflüsse.

In allen schuttreichen Gebieten sind weit verbreitet die im Schutt oder Sand versunkenen, unter dem Schutt ihren Weg machenden Flüsse. Sie bilden in ihren Thälern eine Art Grundwasser, das stellenweise zu Tage tritt, aber durch seine räumliche Beschränktheit und seine starken Schwankungen sich von den großen Grundwasseransammlungen unterscheidet. In unseren Kalkalpenthälern treten aus dem tiefen, weißen Gerölle die klaren, ruhigen Quellaugen in jeder Vertiefung ans Licht. Diese Augen folgen einander oft in Reihen; auch wird wohl einmal ein kleiner Teich daraus. Schon in den Mittelmeerländern breiten sich diese zeitweilig im Schutt versinkenden Flüsse weiter aus. Während die Flüsse von den Südalpen noch stetig herfließen, haben schon die des nördlichen Apennin hohe und breite Schuttbetten; vgl. S. 123.

In einem Klima mit ausgesprochenen Regenzeiten sind die Flüsse durch ungemein starke Schwankungen des Wasserstandes ausgezeichnet, die nach den eigentlichen Steppenländern hin sich noch steigern. Nach Pruyssenaeres Messungen wachsen beim Hochstand die Wassermassen des Blauen Nils bei Karkog auf das Siebzehnfache. Der Atbara liegt an seiner Mündung in der Trockenzeit wasserlos, aber die vom Atbara kommenden Wassermassen machen in der zweiten Hälfte des Juli und im August den Nil so stark steigen, daß ihnen im Volksmunde der Name „Fluten des Königs“ beigelegt wird; sie erheben sich oft in 24 Stunden um 4 m. Gewaltig sind die Unterschiede der Wasserführung in den trockenen Teilen von Süd- und Westaustralien, wo die Austrocknung aller kleineren Flüsse mit verheerenden Überschwemmungen, die das flache Land in Seen verwandeln, abwechselt.

Ein trockenes Fluß- (Schutt-) Bett in Südwestafrika, am Rande der Steinwüste. Nach Photographie.

In folgenden Worten schildert Schuver das Erscheinen des Wassers im Trockenbett des Tumat (ägyptischer Sudân) am 20. Mai 1881, wie er es am Ufer bei Beni-Schongul ankommen sah: „Ich betrachtete diesen traurigen toten Fluß, der mit kleinen Inseln von hohem, vergilbtem Gras übersäet war, als plötzlich ein Geräusch in dem Schilfe stromaufwärts, welches sich mir unter der Einwirkung eines heftigen, mir indessen nicht fühlbaren Windes zu nähern schien, mich mit der Flinte in der Hand aufspringen ließ, denn ich dachte an das Herannahen einer zahlreichen Büffelherde. Bald jedoch klärte sich das Geheimnis auf. Mit einem dem Rauschen von Atlas und Seide vergleichbaren Geräusch kam ein Strom rötlicher Gewässer hervor, welcher sich mit der Langsamkeit der Lava in die ganze Breite des verlassenen Bettes ergoß. Große Inseln von dickem Schaume schwammen auf seiner Oberfläche. Einige Augenblicke nachher bewegte sich das Rohr des Ufers fieberhaft, eine ganze Menge kleiner Vögel und Tauben flogen daraus hervor, indem sie mit fröhlichem Geschrei die erfrischenden Gewässer begrüßten, ein Luftstrom ließ die Bäume erzittern, der Fluß war wieder lebendig geworden.“

Man sieht es wohl der Richtung solcher Flüsse an, wie sie einem Becken zustreben, sie erreichen es aber nicht mehr oder erreichen es wenigstens nicht während des ganzen Jahres. Fließt ein Fluß von einem regenreichen Gebirge in ein Steppengebiet hinein, so kann man deutlich erkennen, wo die Eigenschaften des Steppenflusses allmählich erscheinen. Der Rio Salado in Mexiko, erst wasserreich, wird wasserärmer jenseit des 27. Grades und nimmt aus dem Boden

Salz auf, bis er in einem Salzsumpf neun Breitengrade südlicher endet. Im Sommer übervoll von Wasser, im Winter nur eine Reihe von Tümpeln, die bis auf den Grund gefrieren: so sind die Flüsse der Steppen Zentralasiens. So viel kann man nicht einmal von den Saharaflüssen sagen. Sakiet el Hamra an der Westküste der Sahara ist zehn Monate lang durch Sanddünen vom Meere abgeschlossen, in der Regenzeit erreicht er durch zahlreiche Rinnsale das Meer. Unsere Karten werden diesen sehr bezeichnenden Verhältnissen der Steppenflüsse in der Regel noch nicht ganz gerecht; so wird der Cimarron als vollständiger Nebenfluß des von Westen zum Mississippi gehenden Arkansas gezeichnet; in Wirklichkeit verliert er sich 13 bis 16 km vor der Ausmündung im Sand. Syr Darja und Amu Darja ersetzen nicht den Verlust, den der Aralsee durch Eintrocknen erleidet, da sie in der Wüste und durch die künstliche Bewässerung zuviel Wasser verlieren. Sie beginnen daher schon lange, ehe sie die Nähe des Aralsees erreicht haben, mit der Ablagerung des feinen Schlammes, der sonst erst an der Mündung niedergeschlagen wird. Auf dem Boden des unteren Oxus haben die Lotungen 60 cm tiefen Schlamm nachgewiesen. Ebenso füllt sich die Sohle der den Oxus begleitenden langgestreckten, thalähnlichen Vertiefungen, die durch Schlammdämme geschlossen sind, mit salzhaltigem Schlamm.

In ihrem lockeren Schuttboden wühlen die aus Gebirgen kommenden Steppenflüsse sich tief ein, wenn sie wasserreich sind, und rinnen zwischen steil abgebrochenen Ufern in der trockenen Jahreszeit, wobei das starke Gefälle schroffe Wechsel der Wasserstände begünstigt. Die reiche Gliederung eines vielverzweigten Flußsystems gibt es daher in der Steppe nicht: wenige tiefe Gerinne müssen zur Abfuhr der in der Summe nicht beträchtlichen Wassermassen genügen. So sind die Flüsse Zentralasiens beschaffen, ehe der Zerfaserungsprozeß begonnen hat, so die Flüsse des westlichen Inneren von Nordamerika und der westlichen Pampas von Südamerika. Auch der Euphrat ist im oberen Mesopotamien ein tief eingeschnittener Steppenfluß. Die russische Sprache hat einen besonderen Namen für die Steilabstürze der Ufer an den dortigen Steppenflüssen, sie nennt sie „Jar"; der Sinn ist „steile Schuttwand". Die Pampasbewohner von Argentinien wenden die sonst nur in Gebirgsthälern üblichen Namen „barranca" für Wasserriß und „cañada" für Schlucht an; vgl. Bd. I, S. 587. Als absolut trockene Thäler beschreibt Darwin gehobene Flußbetten Nordchiles, die mit Flußsteinen gefüllt, aber ohne jede andere Spur von fließendem Wasser sind. Ein solches Thal mußte so, wie es eben daliegt, aus dem Meere gehoben worden sein.

Den Anblick des Oxus bei der Brücke von Amu Darja schildert Johannes Walther mit folgenden Worten: „Das Wasser ist trübe und hat die Farbe von Milchschokolade, in zahllosen Wirbeln und Strudeln strömt der reißende Fluß unter uns weg, Schilf und Gras treiben im Wasser, große dünngeschichtete Schlammbänke teilen es in wiederholte Arme. Die Strömung ist selbst am Ufer so reißend, daß öfters abrutschende Arbeiter ertrunken sind." Dieses Bild behält seine Geltung von Kelif an, wo der Oxus sich verbreitert und Steppenstrom wird, bis zum Eintritt in die Oase von Chiwa.

In eigentümlicher Weise wird die Austrocknung der Flüsse durch das Gefrieren des Wassers in trockenen und kalten Klimaten befördert, wo das Wasser gehindert wird, in schützende Tiefe zu versinken. Man kennt aus Transbaikalien Beispiele von Steppenflüssen, die, bis auf den Boden 20 cm tief gefroren, im Laufe eines Winters bis auf die Kiesel am Grunde verdunstet waren.

Höhlenflüsse.

Ein Gelände, dessen Oberfläche tief zerklüftet ist, und unter dem große unterirdische Räume ausgehöhlt sind, läßt oben die Zuflüsse versinken und sammelt sie unten an, um sie auf irgend einer Seite in Masse oder in einer großen Zahl von kleinen Quellen abzugeben. So entstehen

Quellen, wie die des Timavo bei Aquileja, die von Anfang an schiffbare Flüsse bilden, oder der Vaucluse, die 450—680 Mill. cbm Wasser im Jahre liefert. Solche Massenquellen, von denen wir im vorigen Kapitel, S. 72 u. f., gesprochen haben, sind indessen selten. Nicht oft wird die Gesteinslagerung der Bildung großer subterraner Flüsse günstig sein; sie ist vielmehr geneigt, das nachgiebige Wasser in alle engsten Spalten und Klüfte zu drängen. Die meisten versinkenden Karstgewässer kommen nie mehr zu Tage, sie gehen im Grundwasser auf und rinnen zuletzt unter dem Meeresspiegel ins Meer. Wegen dieses Versickerns des Wassers kommt es viel öfter vor, daß eine große Wassermasse zersplittert hervortritt, indem sie durch Hunderte von Quellen ihren Weg sucht, als daß sie als zusammengefaßter Fluß aus einem einzigen Thore bricht. Änderungen der unterirdischen Wasserläufe müssen aus denselben Gründen häufig eintreten. Die geologischen Befunde weisen schuttgefüllte Gänge und Ausläufer nach, und die vorübergehenden Seenbildungen in Dolinen, die Überschwemmungen und Trockenlegungen erzählen von Hindernissen unterirdischer Flüsse und ihrer Wegräumung. Über den unterirdischen Kanälen bricht wohl eine Strecke der Kalkdecke ein, ein Flußabschnitt tritt zu Tage, und wunderbar ist dann der Eindruck der in den Erdklüften erscheinenden und wieder hinabtauchenden und verschwindenden ruhigen, grünen, glatt dahinziehenden Flüsse.

Für die Höhlenflüsse ist ein willkürlicher Lauf mit häufigen und engen, wahrhaft abenteuerlichen Krümmungen, mit zahlreichen Ausbuchtungen, blinden Ausläufern, Seen und Wasserfällen bezeichnend. Nur selten nähert sich die Rinne eines Höhlenflusses durch Breite und geraden Verlauf einer oberirdischen Thalstrecke. Daher die Unentwirrbarkeit der Fäden der unterirdischen Hydrographie selbst in so beschränkten Gebieten wie dem Karst und den Cevennen. Überdies haben unterirdische Flüsse häufig mehrere Ausmündungen, die zu verschiedenen Zeiten fließen, während einer oder der andere immer trocken liegt. Dazu kommt in vielen Höhlenbächen die Beladung mit aufgelöstem Kalk, den sie bei verlangsamtem Laufe wieder absetzen. Bei niederem Wasserstand bauen sie Sinterbarren und -dämme, und da sehen wir wohl hinter Sinterdämmen, die, vom Kalkwasser umflossen, glatt fortwachsen, in den Tümpeln desselben Wassers herrliche Kalkspatkristalle sich in der Ruhe ausbilden. Über die versinkenden Flüsse s. S. 62 und 132.

Die Bewässerung als Spiegel der Bodengestalt.

Auf Lage, Größe und Entfernung der Flüsse übt den größten Einfluß die Bodengestalt. Ein vielzerteilter Boden erzeugt so viele kleine Fäden, als er Einschnitte hat, ein einförmiger läßt wenige große wasserreiche Gerinne sich bilden; über eine Fläche von gleicher Neigung fließen die Wasserfäden parallel nebeneinander; in eine Mulde, deren Wände sich zusammenneigen, stürzen sie von allen Seiten zusammen. Da es auf der Erde nicht selten vorkommt, daß eine Erhebung sich nach entgegengesetzten Seiten gleichmäßig abdacht, so gibt es auch Flüsse, die nach entgegengesetzten Richtungen in übereinstimmenden Formen abfließen, wie Main und Eger vom Fichtelgebirge. Und da ähnliche Bodenformen sich nebeneinander wiederholen, so wiederholen sich auch ähnliche Eigenschaften auf verschiedenen Stufen eines Flußlaufes. So ist die Donau bis Wien Vorlandfluß der Alpen und wird, nachdem sie bis zum Eisernen Thore Gebirgsbeckenfluß gewesen ist, noch einmal Vorlandfluß der Karpathen und des Balkans. Dabei bringen immer die scharfgezeichneten Linien der Flußläufe die Eigentümlichkeit des Bodenbaues gleichsam erst zum Vorschein, richten unsere Aufmerksamkeit darauf. Ja, in den Flüssen und Strömen kommt die Oberflächengestalt so recht zum Sprechen; die toten Formen erlangen Leben, indem in den Wasseradern, die über sie hinrinnen, auch die leichtesten

Höhenunterschiede ihren Ausdruck finden. Je größer der Wechsel jener Formen, desto reger, desto lauter dieses Leben. Und da die Flüsse nicht selten älter als der Boden von heute sind, lesen wir manchmal auch uralte Züge der Geschichte dieses Bodens in ihrer Richtung und ihren Verzweigungen.

Das Verhältnis der Flüsse zu den Unebenheiten der Erde wird immer von der Richtung des Falles von dem höchsten zu dem niedersten Punkte eines Berges, Hügels, einer

-.-.-.-.- französisch-schweizerische Grenze Maßstab 1 : 650 000 0 10 20 Kilometer

Längs- und Querthalflüsse im Schweizer Jura. Nach der Eidgenössischen Karte. Vgl. Text, S. 118.

Bodenschwelle abhängen; aber den Weg des Flusses bestimmen dann im einzelnen die Formen des Bodens. So fließt der Rhein nicht vom St. Gotthard geradenweges nach Schaffhausen, sondern er fließt in einem alten Längsthal einen vollen Längengrad östlich, bricht erst von Chur in der Nordrichtung durch und kehrt dann im Bodensee nach Westen um. Und auch jetzt fließt er nicht dem allgemeinen Höhenunterschied zwischen Alpen und Nordsee gemäß nach Norden, sondern folgt den Alpen bis Basel. So sehen wir viele Flüsse vollständige Zickzackwege beschreiben, besonders im Inneren der Gebirge, wo die Netze der Längs- und Querthäler dazu zwingen. Die Flüsse der Westseite der Apenninenhalbinsel sind alle ausgezeichnet durch das Familienmerkmal eines ausgedehnten Laufes im Gebirge, in dessen Längsthälern sie lange Strecken zurücklegen, nicht selten stufenförmig und in scharfen Winkeln von einem zum

anderen durch Querthäler herabsteigend. Beim Arno, Tiber, Garigliano und Volturno ist diese Verbindung von Längs- und Querfluß von großer geschichtlicher Bedeutung geworden: Rom ist am Tiber in die Apenninen hinein und stufenweise bis an die Schwelle des unteren Polandes gewachsen. Der gleich dem mittleren Apennin aus regelmäßigen Falten gebaute Jura erzeugt auch ähnliche Flußsysteme (s. das Kärtchen auf S. 117). Wo die Bodenformen eines Landes nach einem großen Plan angelegt sind, da zeigt auch die Flußgliederung deutlich entsprechende Abschnitte und im allgemeinen einen großen Zug. Der Einfachheit des Baues von Nord- und Südamerika entspricht die Bildung der Systeme des Mississippi, des Amazonenstromes und des Paraná-Paraguay, der mächtigen Abdachung Nordasiens zum Eismeere die Dreiheit großer Ströme: Ob, Jenissei und Lena. Im Inneren übereinstimmend gebauter Länder entstehen Reihen von ähnlich gelegenen Punkten der Flüsse mit ähnlichen Wirkungen auf das Wohnen und Verkehren der Menschen. Jeder deutsche Strom vom Rhein bis zur Weichsel hat einen Punkt, wo er, aus dem Gebirge heraustretend, Tieflandstrom wird. Köln, Rheine, Minden, Magdeburg, Frankfurt und Küstrin liegen an solchen Punkten. Wo darauf ein großer Tieflandzufluß einmündet, wie die Warthe in die Oder bei Küstrin, da wird der Tieflandcharakter erst recht ausgeprägt. Schroffere Unterschiede zwischen Gebirg und Tiefland sprechen auch diesen Gegensatz noch schärfer aus: die Donau nimmt schon, nachdem sie beim Eisernen Thore (s. die Abbildung, S. 119) die Schwelle zwischen Balkan und Karpathen durchbrochen hat, den Charakter des Tieflandstromes mit zahlreichen Altwässern und Seenbildungen an und gabelt sich bei Silistria. Man könnte diesen Abschnitt den deltoïden nennen, da er das Delta gleichsam vorbereitet.

Die Parallelrichtungen der Gebirge (s. Bd. I, S. 665 u. f.) kommen in dem Parallelismus der Flüsse zum Ausdruck. In Deutschland folgen alle Rheinzuflüsse von der Nahe abwärts der rheinischen Gebirgsrichtung, während in der Unterweser und Aller, in der oberen und unteren Elbe, in der Oder bis Frankfurt, in der mittleren Weichsel die hercynische oder sudetische herrscht. Derselben folgt auch die Donau von Regensburg bis Linz. Indem die beiden Richtungen zusammentreffen, und während das Wasser einmal dem Gebirge entlang und dann wieder vom Gebirge wegfließt, entstehen interessante Winkel und Flußparallelogramme, wie zwischen der unteren Werra und Fulda oder der Weser und Leine. Solche Parallelrichtungen sind weit verbreitet. Schon Winterbotham hob es als bemerkenswert hervor, daß der Eingang in fast alle Flüsse an der Küste von Newhampshire bis Georgia von Südosten nach Nordwesten führe, und im fernen Ostasien bestimmt das übereinstimmende Streichen der Ketten des Sichota-Alin die Gleichrichtung des Ussuri und des unteren Amur. Man könnte glauben, die rechtwinkelige Umbiegung des Indus bei Gilgit von Nordwesten nach Südwesten sei ein Durchbruch; es ist aber nur das Einbiegen aus der Gebirgsrichtung des Himalaya in die des Hindukusch. In der Natur der Flüsse liegt es, daß all diese aufgezwungenen Gleichrichtungen dem Fall nach der tiefsten Stelle und der Konvergenz untergeordnet bleiben, und daß sie sich nur geltend machen können, wenn sie diesen mächtigeren Anstößen dienen.

In Ebenen kommt der Einfluß des Bodens auf die Flußrichtungen besonders deutlich zum Vorschein, weil er sich hier über weite Strecken ausbreitet. Dabei zeigen sich folgende drei Hauptfälle: Die Flächen sind zu einander geneigt, und die Flüsse rinnen am tiefsten Punkte dieser Neigungen zusammen, wie Mississippi, Missouri und Ohio, Rhein und Maas, Marañon, Purus, Madeira und Rio Negro. Oder es liegen in anderen Gebieten sanft geneigte Ebenen mit geradlinigen, fast parallelen Wasserläufen den vollkommen flachen Ebenen mit oft in mehr als

Halbkreiskurven gewundenem, höchst verschiedenem Flußverlauf gegenüber; die Südzuflüsse des Kassai sind eines der besten Beispiele der parallelen Rinnen, welche sich da bilden müssen. Ähnliches zeigt die schwäbisch-bayrische Hochebene mit ihren nördlich und nordöstlich gerichteten Flüssen; da aber diese Hochebene nach Norden und nach Osten geneigt ist, kommt die Parallelrichtung nur streckenweise zur Geltung; es kombinieren sich beide Abflußrichtungen zu einer nordöstlichen. Die umherirrenden, vielverschlungenen Flüsse Finnlands, Ostpatagoniens, der Landhöhen Nordamerikas (s. das Kärtchen, S. 104) zeigen dagegen eine gewisse Richtungslosigkeit.

Das „Eiserne Thor" der Donau bei Turn-Severin. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 118.

Im Gebirge hat jede Runse, jede Schlucht, jede Mulde ihren Wasserfaden. Das Gefälle ist stark, die Bäche stürzen geschwind hinab und vereinigen sich oft erst weit draußen zu Flüssen. So liegt es besonders im vielgegliederten Bau der Alpen, daß die größten Alpenflüsse sich nicht im Inneren des Gebirges, sondern auf der Peripherie bilden, wo Donau, Rhein, Rhone, Po und viele kleinere einen wahren Fluß- und Stromkranz um die Alpen flechten. Und so kommt es ganz natürlich dazu, daß die Flüsse sogar zur Begrenzung der Gebirge beitragen, von denen sie eigentlich wegstreben sollten. Das hydrographische System der Alpen trägt aber auch sonst die gemeinsamen Merkmale, die sich aus dem Bau des Gebirges ergeben. Der Abfluß nach Süden und Norden wiegt vor, ihm gesellt sich aber die Aufnahme dieser Abflüsse in Kanäle, die nach Osten und nur am Westabhang auch nach Süden die Abflüsse führen. Das für die Hydrographie Südostdeutschlands maßgebende Dreieck, das die obere Donau mit den Alpen bildet, ist ebenso wie die Rheinrinne vom Bodensee bis Basel und die Rhone von Lyon abwärts in der Entwickelung der Alpen tief begründet. So wie hier im Umrisse des Gebirges spiegelt sich auch im Inneren des Gebirges in den zwischen den großen Faltengruppen fließenden Längsflüssen, die durch Querflüsse sich nach der Außenseite begeben, die Geschichte der Alpen wieder.

Die Dichte des Flußnetzes.

Auf die Dichte des Flußnetzes hat erst Albrecht Penck die Aufmerksamkeit in wissenschaftlicher Weise hingelenkt, indem er dem allgemeinen Charakter der üblichen Aussagen über die größere oder geringere Häufigkeit das Bedürfnis genauerer Untersuchungen gegenüberstellte. Er hob hervor, wie man in den Zentralalpen durchschnittlich alle 250 m einen Bach, alle 5 bis 6 km einen namhaften Fluß und dazwischen alle 2—3 km ein Nebenflüßchen treffe. Ludwig Neumann hat es dann zuerst unternommen, das Verhältnis der Flußlänge zu einer Flächeneinheit genau zu bestimmen, indem er von dem Satz ausging: Die Flußdichte ist der Quotient aus der Länge aller natürlichen Wasserläufe eines Flußgebietes durch dessen Areal. Er bestimmte für den südlichen Schwarzwald und einen Teil des mittleren, mit Ausschluß der von zahlreichen künstlichen Wasserläufen durchsetzten Rheinebene, folgende Flußdichten:

	Flußlänge	Flächenraum	Flußdichte
Donau-Anteil	846 km	820 qkm	1,03
Rheinanteil von der Wutach bis zur Elz . .	5841 -	4394 -	1,33

Im einzelnen läßt sich leicht erkennen, daß ein großer Unterschied zwischen flußarmen und flußreichen Gebieten selbst in dieser engen Landschaft stattfindet. Während fast nur 1 km Flußlauf auf 1 qkm Oberfläche im Donaugebiet kommt, und im Gebiete der unteren Brege sogar nur 0,56, erhebt sich die Flußdichte in Abschnitten des Wehra-, Wiese- und Gutachgebietes über 2. Fragt man nun nach den Ursachen dieser beträchtlichen Unterschiede, so erkennt man, daß der niederschlagsreichere Westteil des Gebietes reicher an Flußläufen ist als der östliche. Aber weniger die durchschnittlichen Niederschlagsmengen als die Maxima kommen hier in Betracht. Die verhältnismäßig seltenen und kurz dauernden, aber sehr heftigen Niederschläge sind ganz besonders geeignet, Flußrinnen auszubilden oder ihre Anfänge rasch zu vertiefen. Die Zusammensetzung des Bodens zeigt dann den Unterschied zwischen schwer durchlässigen Graniten und Gneisen und durchlässigen Sand- und Kalksteinen, Schutt- und Lößlagern. Endlich mußte auch die Tektonik des Gesamtgebirges, die zum Rheine hin stärker zum Ausdruck kommt, die Entwickelung der Flußrinnen am Süd- und Westabhange des Schwarzwaldes begünstigen.

Flußablagerungen. Pflanzenbarren. Flußinseln.

Das Wasser fließt, der Schwere folgend, von höheren Punkten zu tieferen und reißt in diese Bewegung mit, was es Bewegliches auf seiner Bahn findet. Die Bewegung des Wassers wächst mit der Masse und dem Gefälle, und in demselben Maße wächst auch seine mitreißende Kraft. Die Masse eines Flusses ist am geringsten im Ursprung, und sein Gefälle ist in der Regel am schwächsten in der Nähe der Mündung, wo dagegen seine Breite am größten ist: daher die fächerförmige Ausbreitung aller Wasserablagerungen, auch aus Gletschern, nach unten hin. Die Bewegungskraft des Flusses ist am schwächsten in diesen beiden Gebieten. Wir erkennen das im Schuttreichtume der Gebirge und in der Anschwemmung, die ein Fluß im Unterlaufe bewirkt. Wenn Pictet zweifelte, ob nicht vielleicht die aufbauende, anschwemmende Wirkung der Flüsse größer sei als die aushöhlende, abschwemmende, so vergaß er die einfache und große Thatsache, überhaupt die Grundthatsache der Erosion: das Wasser nimmt nichts mit sich im Aufsteigen, wohl aber im Herabfallen, das heißt im Fließen.

Eine starke Ausnahme bilden allerdings die Flußgeschwelle (s. unten, S. 257), die die Flut oft Hunderte von Kilometern in den Flüssen aufwärts führen, wobei sie kommend

und gehend die Ufer unterwühlen und ebbend die Transportkraft des Flusses verstärken. Ihre Wirkungen schildert Göldi von den breitmündenden Flüssen Guayanas: „Wild durcheinandergeworfen türmen sich längs der schlammigen Uferböschungen ganze Berge von entwurzelten, geknickten und gebrochenen Bäumen auf, ein Randwall, der an Zyklopen- und Titanenkampf mahnt.“

Es liegt in der Natur der Flüsse, daß ihre Masse mit ihrem Fortschreiten wächst, und damit summieren sich auch alle die festen Teilchen, die das Wasser von tausend Punkten seines Ursprunges herbeiträgt. Während aber von den gelösten Stoffen der größte Teil seinen Weg auch in langen Strömen bis zum Meere findet, bleibt von den schwebenden ein großer Teil zurück, der in Uferbuchten, in Seen, auf den Bänken und Inseln des gewundenen Laufes zur Ruhe kommt. Dafür liefern die früheren Ablagerungen, deren Größe und Feinheit nach unten zu wächst, den Fluten neues Material, was man sehr gut an den Flüssen erkennt, die im Unterlaufe Schwemmland durchziehen; sie vermehren gerade im Unterlauf ihre Schlammführung bedeutend, indem sie ihre Ufer abspülen. Je stärker mit den Jahreszeiten die Wassermengen schwanken, desto verschiedener sind die mitgeführten Schlammmengen. Die Schlammführung bei winterlichem Niederwasser wird von der bei Frühlings- oder Sommerhochwasser selbst in mitteleuropäischen Flüssen um das 600fache übertroffen. Ein Gebirgsfluß führt im Sommer, in der Zeit der Schnee- und Gletscherschmelze, viel mehr feste Stoffe als im Winter (s. die Abbildung, S. 122). Die Arve, ein Rhônezufluß vom Montblanc-Gebiet her, hat deren im Winter an Durchschnittstagen 2—10 g im Kubikmeter, im Sommer mehr als das Hundertfache; die Extreme waren 1890 nach Baëffs Untersuchungen 0,8 g am 8. Januar und 3106 g am 29. Juni; bei Hochwasser hatte man am 3. Oktober eines früheren Jahres sogar über 5000 gemessen. Rasches Steigen des Wassers bringt bei gleichem Stande mehr Schwemmstoffe als langsames, und im Anfang eines Steigens vermehren sich die Schwemmstoffe rascher durch die Wegführung der bereitliegenden Mengen.

So finden wir in Gebirgsflüssen, besonders in solchen, die Gletscherzuflüsse empfangen, sehr große Schlammmengen. Die Flüsse mitteleuropäischer Mittelgebirge und Ebenen führen bis zu zehnmal weniger Schlamm als Alpenflüsse, und diese wieder sind schlammärmer als südasiatische Flüsse, die durch ein ungemein schlammreiches Unterland fließen. Einer Schlammführung von 630,000 Tonnen in der unteren Elbe stehen 4 Millionen im unteren Rhein, 82 Millionen in der unteren Donau, 446 Millionen im unteren Indus gegenüber.

Auch im Transport einzelner Felsen leistet hochgeschwelltes Wasser Außerordentliches. Eine Muhre im oberen Rheinthale bei Rinkenberg schleppte 1888 einen Block von 409,000 kg 1200 m weit. Und die Bagne, ein Nebenfluß der oberen Rhone, wälzte einen Felsblock von 60 Schritt Umfang. In solchen Fällen kommt das eigene Gewicht dieser Massen mit in Betracht. Wenn man aber am Wege von Durlach nach dem Thurmberg einen Sandsteinblock von ca. 3 cbm liegen sieht, der bei einer Überschwemmung im September 1679 hierher gewälzt worden ist, wo von Gebirgsbächen keine Rede sein kann, ist nur an eine plötzlich auftretende Wasserflut zu denken. Auch in den Kordillerenbächen liegen Blöcke, deren Transport man bei uns nur Gletschern zutrauen würde. Schlamm- und Geröllführung erfahren beide bei Hochwassern außerordentliche Vermehrungen, da Mengen aufgespeicherten Materials zu Thale gebracht werden, die oft ein Drittel der ganzen abfließenden Masse darstellen, wo dann aus dem Fluß ein Schlammbrei wird. Der Schritt von einem derartig beladenen Flusse bis zum Schlammstrom eines Bergrutsches (s. Bd. I, S. 521 f.) ist oft nicht groß.

Schwer ist es, die **Geröllfracht** an der Sohle der Flüsse zu bestimmen. Alles grobe Geröll bewegt sich naturgemäß in der Tiefe, und es ist klar, daß der Vermehrung der Tiefe eines Flusses die Vermehrung seiner Kraft entspricht, schwere Körper an seinem Grunde zu bewegen.

Doch kann man annehmen, daß in größeren Flüssen die Menge der Geschiebe nur einige Hunderttausendstel der Wassermenge beträgt, während sie in Gebirgsflüssen, die schuttreiche Gebiete rasch durcheilen, viel größer ist. Wir hören aus der Tiefe des Gebirgsflusses die Steine aneinanderschlagen. Darwin schreibt von einem patagonischen Flusse: „Dieses rasselnde Geräusch kann man Tag und Nacht längs des ganzen Stromlaufes hören. Der Klang tönte beredt in die

Das Praderfeld (Malser Haide) mit Flußanschwemmungen. Nach Photographie von Baldi u. Würthle, Salzburg. Vgl. Text, S. 121.

Ohren des Geologen. Die tausend und abertausend Steine, die, aneinanderschlagend, den einen dumpfen, gleichförmigen Ton hervorbrachten, trieben alle in einer Richtung dahin. Wie mit der Zeit, wo die hingleitende Minute unwiederbringlich verloren ist, so ist es mit diesen Steinen: der Ozean ist ihre Ewigkeit, und jeder Ton jener wilden Musik spricht von einem Schritt weiter ihrer Bestimmung entgegen.“ Über den Transport durch Grundeis der Flüsse s. oben, S. 50.

Eine besondere Seite der Verfrachtung ist die Verkleinerung fester Körper durch die Bewegung. Ein stürzender Fels zerschellt. Ein vom Flusse gerollter Stein wird abgerieben, sein Staub zum Teil aufgelöst. Niemals kommt ein Körper, der durch fließendes Wasser in

Bewegung gebracht wird, so am Ziel an, wie er die Reise angetreten hat. Schon was in der Mitte des Weges niederfällt, ist kleiner, als was an seinem Anfang abgelagert wird. Der Fluß führt an seiner Mündung Schlamm, im mittleren Laufe Sand und im Oberlaufe grobes Geröll. Und dieses grobe Gerölle ist verschieden, je nachdem es die abschleifende Wirkung des fließenden Wassers lange erfahren hat oder nicht. Man könnte die Massen von mehr zerbrochenen als gerollten Gesteinsbruchstücken *Halbgerölle* nennen, die in dem Thalhintergrunde durch Muhren, Bergrutsche und Lawinen aufgeschüttet werden. Die Geschiebeführung wirkt, wie wir gesehen haben (s. oben, S. 97), auf die Gestalt des Flusses zurück. Denn je mehr die Geschiebe auf ihrem Wege flußabwärts durch Reibung verkleinert werden, um so leichter wird die Transportarbeit des Flusses, um so geringer das Gefällsbedürfnis.

Wo am Fuße hoher Gebirge das Gefälle der Flüsse sich rasch vermindert, sind die Bedingungen für die *Geröllablagerung* am günstigsten. Die Kiesströme der Alpenabflüsse auf der bayrischen Hochebene, des Po, die Fiumaren der Apenninen, die Hunderte von Quadratkilometern bedeckenden, unfruchtbaren Kiesebenen der Crau und der Camargue, durch die Geschiebe der Durance und Ourèze von den Westalpen her aufgeschüttet, gehören zu den merkwürdigsten Erscheinungen, die aus dem Gebirge weit in die Gebirgsumgebungen hinauswirken. Die Entwickelungsgeschichte solcher Gebilde zeigt, wie ganze Thäler in wenigen Jahrzehnten zu Steinwüsten geworden sind, so das Rollathal in dem kurzen Zeitraume von 1760—1808; und von der Haute-Provence wird angegeben, daß sie vom 15. bis 18. Jahrhundert die Hälfte ihres Kulturlandes eingebüßt habe, das nun unter einer Decke weißer Kalkgerölle begraben liegt. Von ihm sagt Surell in dem klassischen Buche über die Wildbäche der Hautes-Alpes: „Der Anblick dieses elenden Landes zieht das Herz zusammen. Man möchte es getötet nennen. Die bleiche, gleichmäßige Farbe des Bodens, die Stille, die über ihm brütet, die abschreckenden Bergwände: alles scheint eine Gegend anzudeuten, aus welcher das Leben im Begriff ist, sich zurückzuziehen.“

Die *Po-Ebene* (s. das Kärtchen, S. 26) ist ein alter Golf der Adria, der durch ungeheure Geröllmassen aus den Alpen und den Apenninen ausgefüllt und aufgeschüttet worden ist. Bohrungen bis 215 m unter dem heutigen Meeresspiegel, bei Portovecchio in Modena, wiesen immer nur Schuttlager alpinen Ursprunges nach. Am Rande der Alpen und des Apennin deuten die Lager gröberen Schuttes und die Schuttkegel der Zuflüsse den Fortgang dieses Wachstums an, und über ihnen bauen sich Moränenwälle bis zu 1000 m am Alpenabhang aufwärts. Sie bilden eine echte Moränenlandschaft mit kleinen Seen, Mooren, Heiden (Brughiere) und Felsblöcken. In der Gardamoräne sind Gesteine aus der Rienz nachgewiesen. Nach der offenen Ebene zu nimmt die Größe der Gerölle mit der Entfernung von den Alpen überall ab, aber neue Gesteine entwickeln sich an vielen Orten durch dichteren Zusammenhang der Fragmente, Konglomerate, in die die Flüsse steilrandige Thäler graben, oder über die sie in Stromschnellen wegrauschen, wie die Adda sie 27 m hoch bei Lecco bildet. Weiter hinaus folgen dann feine diluviale und alluviale Schwemmgebilde, auf denen die Fruchtbarkeit des Potieflandes wesentlich beruht.

Jeder Fluß empfängt von seinen verschiedenen Zuflüssen verschiedene Stoffe, die in die Summe seiner Ablagerungen eingehen, vorher aber nicht selten die zwei Zuflußseiten des Thales räumlich und stofflich beeinflussen. Die Isar liegt ganz in den Kalkalpen, daher besteht ihr Geschiebe bei München zu 95 Prozent aus nordalpinen Kalksteinen; da sie aber auch eiszeitliche Moränen bespült, führt sie immer auch einige Gesteinstrümmer, die aus den Zentralalpen stammen. Der Po schwankt zwischen den alpinen Zuflüssen, die teilweise in Seen sich geläutert haben, und den voll Thon- und Mergelschutt vom Nordapennin herabstürzenden Zuflüssen in seinem östlichen Laufe. Bis zur Sesia haben die Alpenzuflüsse das Übergewicht, der Tanaro drängt nach Norden, der Tessin wieder nach Süden, die zahlreichen Apenninzuflüsse von der Trebbia an wieder nach Norden. Es gibt Gesteine, die leicht zerrieben und transportiert werden,

und andere, die sich für längere Dauer ablagern und die Flußläufe für lange bestimmen. Die Zuflüsse der Salzach bringen im Obersulzbachthale von links leicht zerbröckelndes Schiefergestein, das der gefällsarme Fluß zu zerreiben und fortzuschaffen vermag. Aber von rechts oder Süden kommen harte Gneise, Granite, Hornblende in großen Blöcken, die das Thal auffüllen und erhöhen. Die Wildbachverbauung sieht nach der Regulierung in der Fernhaltung dieser Geschiebe ihre erste Aufgabe. Auch selbst in den kleineren Verhältnissen des höchstens 60 qkm bedeckenden Chiemseedeltas bewirkt der Unterschied der sterilen Dolomitgerölle der Prien und der aus den Urgebirgen Tirols kommenden fruchtbareren Schwemmstoffe der Achen einen großen Unterschied, der sich sogar in der Besiedelung der beiden Seiten des Deltas ausprägt.

Die Anschwemmung von Pflanzen und pflanzlichen Stoffen bildet, unterstützt vom Pflanzenwachstum, Inseln und Dämme in den Strömen warmer Länder und großer Waldgebiete. Unsere Moore und die grüne, schwanke Decke stiller Seen, aus Rohr und schwimmenden Pflanzen gewoben (in der Pfalz „Kuhwampen" genannt), gehören schon zu diesen Bildungen. Aber in tropischen Flüssen, die langsam dahingehen, entwickeln sie sich rascher und unter Umständen mit großen verderblichen Wirkungen. Die Flüsse Innerafrikas bieten in Klima und Bodengestalt hierfür die günstigsten Bedingungen. Dazu gehört auch das Vorkommen einer ungemein rasch bis zu 10 m lange Stämme von korkartiger Leichtigkeit entwickelnden Pflanze, des Ambatsch, der Herminiera elaphroxylon, aus der Familie der Schmetterlingsblütler, die gewöhnlich mit dem ebenfalls rasch wachsenden Papyrus zusammen auftritt. Ihre großen, wagerecht ausgestreckten, oft fußdicken, dabei federleichten Wurzelsprossen sind so recht geeignet, ein unzerreißbares Geflecht zu weben. Inseln losgerissener Ufervegetation, denen man schon dort begegnet, wo der Weiße Nil am Albertsee vorüberfließt, und die oft so groß sind, daß einzelne fast schon den stellenweise 140 m breiten Strom des Nils oberhalb des Bahr el Ghasal zu sperren vermögen, oder zusammengekittet durch eine wuchernde Vegetation von Wasserpflanzen, hemmen als „Sedd" nicht bloß den Verkehr, sondern zwingen auch den Strom zu Durchbrüchen und zum Aufsuchen neuer Betten. Die Flußverflechtung beim Zusammentreffen des Weißen Nils mit dem Sobat und Bahr el Ghasal, ein Mittelding von See und Binnendelta, ist größtenteils ihr Werk. Sie helfen, da sie gerade bei Hochwasser besonders mächtig auftreten, durch Rückstauung Überschwemmungen zu verursachen, welche Emin Pascha bis Mruli am Viktoria-Nil verfolgte. Alle paar Jahre finden die Schiffer in der Gegend vom 10. bis zum 7. Grad nördl. Breite den Nil ganz oder teilweise durch diese Pflanzenbarren versperrt. Baker hatte 1863 die Einmündung des Bahr el Ghasal noch frei gefunden, 1865 zog schon ein grüner Damm über drei Vierteile des Flusses, und er brauchte zwei Tage, um sich durchzuschlagen; aber Marno saß sieben Monate in der Barre fest, und 1880 verlor Gessi in einer dreimonatigen Gefangenschaft in derselben fast die ganze kleine Armee, mit der er vom oberen Nil zurückkehrte. An diesen Barrenbildungen beteiligen sich auch Muscheltiere, Etherien, die in Muschelbänken oder -klumpen bis zum Wasserspiegel heranragen, und an die die Vegetation des Wassers und später des Sumpfes, sie immer mehr vergrößernd, sich anheftet. Eine besondere Art sind die „Obä" der oberen Nil- und Kongozuflüsse, vollkommen überschreitbare, schwankende Grasbrücken, unter denen das Wasser sich langsam fortwälzt.

Junker hat sie zuerst beschrieben. Er sagt von einem solchen mit Gras bedeckten Fluß, dem oberen Aruwimi, damals Nepoko genannt: Beim Passieren der Obä sieht man die Neger mit seitlich ausgestreckten Armen, um das Gleichgewicht zu erhalten, vorwärts schreiten. Jedes größere Tier mit schmalem Huf, Antilopen, der Büffel, der Elefant wegen seiner Schwere, sind, auf die Obä verirrt, verloren und fallen dem Neger, der sie bei Jagden dorthin treibt, zum Opfer.

Auch in anderen Teilen Afrikas fehlen die Obä nicht. Auf dem Wege zum Malagarasi, dem östlichen Tanganyikazufluß, kreuzte Cameron den Lindi, der dort gegen 200 m breit ist, auf einer Grasbrücke, die fast auf 1 km Breite festen Grund von Ufer zu Ufer bot. Er erzählt aber auch von einer Karawane, die von dem Strome einer plötzlich berstenden Oba in die Tiefe gerissen wurde.

In größeren Flüssen, die durch waldreiche Länder fließen, entstehen kleine und große Anschwemmungsgebilde durch die Baumstämme, die herabgeschwommen kommen und leicht an seichteren Stellen mit ihren sperrigen Wurzeln oder Zweigen sich einhaken, wo sie dann einen Sammelplatz für weiteres Treibholz liefern. Daraus werden Inseln, in deren sehr günstigem Boden sogar eine reiche junge Vegetation sich zu erzeugen vermag. Bei einem Hochwasser können sie wieder ins Schwimmen geraten, aber häufig werden sie zum völligen Stillliegen gezwungen durch Bäume, welche durch sie hindurch ihre Wurzeln in den Grund des Flusses senden und die schwimmende Insel dadurch gewissermaßen verankern. Am Mississippi üben dieses Amt vorzüglich die mit starken Pfahlwurzeln ausgestatteten Sumpfzedern (Taxodium distichum). Auf diese Weise ist in dem aus Texas kommenden südlichen Redriver, einem Nebenfluß des Mississippi, ein meilenlanges „Floß" entstanden, wie die Nordamerikaner solche Treibholzinseln jetzt nennen; die französischen Kanadier und Waldläufer nannten sie „Embarras", daher auch das Vorkommen dieses Namens auf den geographischen Karten. Seit Jahren unterhält die Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika eigene Dampfer auf dem Mississippi, mit dem Auftrage, treibende Stämme (Snags) zu beseitigen, welche im Grunde sich festsetzen und gleich verborgenen Klippen die Schiffahrt gefährden, außerdem aber auch den Kristallisationskern solcher Schwemminseln bilden. In Südamerika sind der Magdalenenstrom und der Paraná besonders reich an derartigen Bildungen. Hier trägt das Gras Pontederia azurea viel zu ihrem Wachstum bei.

Die Flußinseln gehören entweder dem Felsenbette des Flusses oder seinen Schuttlagern oder fremden Schwemmstoffen, besonders pflanzlicher Natur, an. Was die Felseninseln anbelangt, so sind sie am häufigsten in Flüssen der Fjord- und Schärenlandschaften und entsprechen dort der allgemeinen Zerklüftung des Bodens. Vgl. Bd. I, S. 438 u. f. Die Klippen der in afrikanischen Flüssen so häufigen Stromschnellen sind Felseninseln, die dem geringen Maße von Abtragung der alten Gesteinsdecken Afrikas durch seine langsamen Hochebenenflüsse entsprechen. Die Schuttinseln sind immer von gestreckter, dem Flußlauf paralleler Gestalt, nach unten verbreitert, daher „fischförmig". Sie wandern langsam flußabwärts. In ungedämmten Flüssen sind sie in einem beständigen Kreislaufe von Entstehung und Zerfall begriffen. Auch in geradegelegten Flüssen wandern die Sand- und Kiesbänke langsam von Ufer zu Ufer. Wo aber Flüsse „im Naturzustande" sich schlangengleich in zahlreichen Biegungen durch ein Land winden, da liegt an der Innenseite jedes Bogens eine Schwemminsel, eine wie die andere langgestreckt, die Linie des Flusses nachahmend, alle aber in ihrer regelmäßigen Wiederkehr die willkommenen Rastplätze des Reisenden auf den Riesenströmen Südamerikas oder Afrikas. Nicht selten sind Inseln durch die Abschneidung der Halbinseln entstanden, die von Flußwindungen umgeben waren. Inseln treten weiter gruppenweise in der Mündung größerer Nebenflüsse auf, wo sie nicht selten deltaähnliche Bildungen hervorbringen. Die Mündungen des Sankurru und des Kassai in den Kongo sind von Inseln durchsetzt, und der Madeira, der 2500 m breit in den Amazonas mündet, schließt mit dem Hauptstrom durch einen rechts abgehenden Zweig die 14,000 qkm große Deltainsel der Tupinambara ein.

Hauptfluß und Nebenfluß.

Die Flüsse rinnen zusammen, und was aus den Quelläderchen einen Bach macht, dasselbe schafft endlich den Fluß und den Strom. Der Rhein tritt aus dem Bodensee mit 311 cbm in der Sekunde, bei Basel ist er auf 648 gewachsen und führt bei Speyer bereits 1168 cbm: ein Wachstum von 1 : 2 : 3,8. Endlich tritt er mit 2130 cbm, also 6,9, in sein Delta ein. Dabei hat er immer sein Übergewicht über die Zuflüsse bewahrt. Nicht ganz so einfach liegen die Verhältnisse bei der Donau, der die Iller mit einer jährlichen mittleren Wasserführung von 2522 Millionen cbm, der Lech mit 3772, die Isar mit 5753, der Inn mit 21,670 zugehen, worauf die Donau Bayern mit einer Wasserführung von 45,000 Millionen cbm verläßt. Das ist ein sehr schönes Beispiel von allmählichem Wachstum der Zuflüsse mit dem Fortschreiten des Hauptflusses. Aber da der Inn bei Passau der Donau nur um 44 cbm in der Sekunde nachsteht und das Verhältnis beider fast wie 9 : 10 ist, kann man hier wohl von Zwillings-

Der Oberlauf des Duero. Vgl. Text, S. 127.

strömen sprechen, und so ist denn die Frage öfters aufgeworfen worden, ob der Inn noch als Nebenfluß der Donau gelten könne. Da indessen die Donau die Richtung gibt, in die der Inn einlenkt, bleibt sie hier ebenso sicher der Hauptfluß, wie der Mississippi trotz der Aufnahme des soviel längeren Missouri. Auf der Karte gilt uns von zwei sich vereinigenden Flüssen entweder der als Hauptfluß, der den längsten Weg hinter sich hat, oder der, in dessen Richtung der Nebenfluß eintritt. In der Regel gehen nicht beide in einem neuen größeren Dritten auf, sondern der eine Fluß nimmt den anderen in sich auf. Die Weser tritt bei Verden in den nordwestlich gerichteten Allerlauf ein. Der wasserreiche Paraná schließt sich dem Paraguay an, der die eigentliche Achse des La Plata-Systems bildet, indem er ohne wesentliche Schwankungen aus Norden dem Ästuar zuströmt; aber der längste und wasserreichste Zufluß, den Maßen und der Masse nach der Hauptfluß, bleibt der Paraná. In zusammenfließenden Flüssen erlangt der Wasserreichtum oder das stärkere Gefälle das Übergewicht. Der von zersetzten Schiefern dunkle Hinterrhein drängt den helleren Vorderrhein durch rasches Gefälle zusammen, und die überwiegende Masse des Alpenwassers gibt dem Rhein einen alpinen Charakter bis an die Grenze des Tieflandes, trotz Neckar und Main.

Die Flüsse treten in sehr verschiedener Weise zusammen. Sie fließen fast parallel nebeneinander her, wie Rhein und Ill, ehe sie sich vereinigen, oder sie treffen geradezu rechtwinkelig aufeinander. Durch Schuttauffüllung ergibt sich wohl auch ein mittlerer Zustand in der Weise,

daß ein einmündender Fluß gleichsam mitgeschleppt wird: seine Einmündung wandert langsam abwärts. So entstehen durch die Fortschleppung der Einmündungen der alpinen Zuflüsse die mit dem Hauptflusse parallelen Unterläufe, die endlich aus der Etsch einen selbständigen Parallelfluß des Po gemacht haben, dessen Nebenfluß sie einst gewesen war.

Flußsysteme, in denen die Zuflüsse wie ein Strahlenbündel zusammentreffen, kommen nur in engen Räumen vor, denn nur in solchen finden sich die regelmäßigen Abdachungen, welche die Vorbedingung dazu sind. Beispiele: Die Mulde und ihre Zuflüsse aus dem sächsischen Erzgebirge, der obere Duero (s. das Kärtchen, S. 126) in dem alten Seebecken Altkastiliens, in dessen wagerechten Ablagerungen seine Zuflüsse regelrechte Strahlenthäler geschnitten haben, die Loire mit ihren fächerförmigen Zuflußsystemen, im Norden Loir, Sarthe und Mayenne mit dem Scheitel Angers, im Süden Vienne, Indre und Cher mit dem Scheitel Tours. Häufiger ist der Fall eines das Gebirge längsweise begleitenden Flusses, der die Zuflüsse in regelmäßigen Abständen aufnimmt, wie sie auf die Schwelle des Gebirges heraustreten. Im größten Maße ist dieser Typus in den großen amerikanischen Meridionalflüssen Mississippi und Paraguay ausgebildet, deren Kordilleren- und Andenzuflüsse fast so regelmäßig wie die Adern eines Pflanzenblattes herlaufen; ähnlich nimmt die Donau ihre Alpenzuflüsse auf.

Es liegt in der Entwickelung der Flüsse, daß sie jene tiefsten Stellen eines Landes suchen, wo sie, von hohen Ufern eingeschlossen, ihren Weg machen, während rechts und links die langsameren Abdachungen liegen bleiben, auf denen sich besondere Flußsysteme entwickeln, die sich entweder erst in herangewachsenem Zustande mit jenen verbinden, wie Neckar, Mosel, Main mit dem Rhein, oder selbständig zum Meere gehen, wie die Maas. Es ist sehr bemerkenswert, daß der Rhein sowohl vom Taunus als vom Hunsrück unmittelbar wenig bedeutende Zuflüsse empfängt. Da beide Erhebungen ihre größten Höhen im Südosten haben, fließen ihre Bäche in nordwestlicher Richtung zur Lahn und zur Mosel. Daher eine dem Rhein abgewendete Entwickelung der beiden Hochländer, die im Taunus der Lahn und dem Main, im Hunsrück der Mosel und Nahe gehört, also die Bildung größerer Zuflüsse begünstigt.

Die Stromgebiete.

Alles Land, dessen Bäche und Flüsse in derselben Rinne sich vereinigen, bildet ein Stromgebiet. Ein Stromgebiet ist also eine natürliche Landschaft, die durch ihre Wasserläufe zu einem Ganzen verbunden ist; ihre Achse und Lebensader bildet der Fluß, der ihre Abflüsse sammelt, und ihre Grenze ist die Wasserscheide dieses Flusses. Das Rheingebiet, das Donaugebiet, das Odergebiet (s. das Kärtchen, S. 128), das Kongogebiet sind Beispiele solcher Stromgebiete, in denen der natürliche Zusammenhang sich auf die Völker-, Wirtschafts- und Staatsverhältnisse überträgt, so daß sie nicht bloß hydrographische Einheiten sind, sondern auch in kultureller und politischer Beziehung auf einheitliche Wirkungen und Gestaltungen hinstreben. Der Hauptfluß herrscht unbedingt vor und überwiegt weit die Nebenflüsse, die nur untergeordnete Glieder des Systems sind: so erscheint vor allen der Nil mit seinen zahlreichen Nebenflüssen, die von rechts und links in den immer in gleicher Richtung fortschreitenden, mit dem mächtigsten Seebecken als Reservoir ausgestatteten und aus den regenreichsten Gebieten Innerafrikas kommenden Hauptstrom eintreten; im Unterlaufe macht er in einsamer Größe zuflußlos seinen Weg durch die Wüste zum Meere. Auch beim Rhein kann kein Zweifel sein; Alpen und Bodensee machen den oberen Rhein so wasserreich, daß er schon beim Eintritte der Aar unbestreitbar der Hauptfluß ist. Solche Ströme, wo man den Hauptfluß als die Achse bezeichnen könnte, an die sich

die Nebenflüsse anschließen, entwickeln sich aus sehr großen wasserreichen Ursprungsgebieten, von denen natürliche Rinnen auf kurzen Wegen zum Meere hinabführen. Die natürliche Gestalt eines solchen Stromgebietes ist die zugespitzte elliptische. An der einen Spitze liegt die äußerste Quelle, an der anderen die Mündung, dazwischen die Verbreiterung durch Nebenflüsse. Eine andere Art und Form von Stromgebiet zeigt eine starke Entwickelung der seitlichen Zuflüsse, wodurch das System in die Breite gezogen und die beherrschende Stellung des Hauptflusses in Zweifel gestellt wird. Der Amazonenstrom, der aus 18 Strömen ersten Ranges von 3500 bis 1500 km Länge besteht, der Mississippi, der bezeichnenderweise nicht von dem längeren Zufluß, dem Missouri, seinen Namen erhält, sind Ströme dieser Gattung.

Das Stromgebiet der Oder. Vgl. Text, S. 127 und 137.

Unter den großen Strömen Nordasiens ist der Ob durch ein ziemlich regelmäßig gestaltetes Gebiet ausgezeichnet. Sehr symmetrischen Formen begegnen wir in kleineren Räumen. Die deutschen Mittelgebirge geben uns, entsprechend ihren milderen Formen, viele Beispiele von sehr regelmäßigen, baumkronenartigen Flußgestalten. Die Mulde ist ein schönes Beispiel einer symmetrischen, strahlenförmigen Entwässerung des Erzgebirges zwischen Elbe und Elster. Und wie Erzgebirge und Thüringer Wald als Vertreter der zwei entgegengesetzten Richtungen des Gebirgsbaues fast rechtwinkelig aufeinander treffen, so streben auch Mulde und Saale zusammen und münden nicht weit voneinander.

Afrikas Stromgliederung ist durch die Ausbreitung der Stromgebiete in einzelnen Abschnitten und ihre Einengung in anderen bezeichnet. Nicht bloß nach der Mündung zu, wie andere Stromgebiete, sondern auch im oberen und mittleren Lauf erfahren sie merkwürdige Einengungen. Der Niger empfängt fast keine Zuflüsse von Osten und Norden, die Wasserscheide

tritt dort stellenweise bis auf 10 km Entfernung an das Strombett heran. Das Nilgebiet ist eingeengt im Norden und im Süden, ausgebreitet in der Mitte; der Kongo ist ausgebreitet im Inneren, eingeschränkt im Norden und Westen. Den mächtigen Überschwemmungsgebieten im Inneren stehen die cañonartigen Schluchten gegenüber, in denen der Abfluß zum Meere stattfindet. Niger und Sambesi sind groß angelegt, aber ihnen schneidet die Nachbarschaft der Steppen jeden bedeutenden Zufluß ab, und sie kehren, in enger Schlinge sich bewegend, in die Nähe ihres Ursprungsgebietes zurück. Man wird an das Bild eines Savannenwaldes erinnert, in dem zwar genug hochstämmige Bäume stehen, die in die Länge gewachsen sind, aber ihre Kronen nicht zu voller Entwickelung gebracht haben. Afrika ist der Erdteil der unvollkommen oder wenigstens sonderbar entwickelten Flußläufe und der seltsam gestalteten Flußgebiete.

Der obere Kongo gibt ein gutes Beispiel eines regelmäßig gebauten Beckens, dessen Durchmesser zwischen Norden und Süden etwas länger ist als zwischen Westen und Osten. Im Süden und Osten waltet der Fall nach Norden vor, im Norden und Westen der nach Süden. Den zentralen Teil dieses Beckens, der zwischen 400 und 300 m gelegen ist, trennen von den peripherischen, höher gelegenen Abschnitten Stufen, über welche die Zuflüsse über Stromschnellen oder Fälle hereintreten. Daher ein Kreis von Stromschnellen und Fällen um das zentrale Kongobecken. Wir haben im Südwesten die Kaiser-Wilhelm-Fälle des Kuango in 510 m, die Wissmann-Fälle des Kassai in ähnlicher Höhe, die Lulua-Fälle unterhalb Luluaburg in 600 m, die Wolf-Fälle des Sankurru in 450 m, die Fälle von Bena Kampa im Lomami oberhalb 430 m, die Stanley-Fälle in 430 m, die Panga-Fälle des Aruwimi, die Mokwange-Fälle des Uëlle in 440 m, die Ubangi-Fälle bei Mokoanga in 390 m, endlich die Fälle unterhalb Leopoldville von 260 m an.

Unter sonst gleichen Bedingungen wächst die Größe der Stromgebiete mit den Dimensionen der Länder. Die größten Stromgebiete Europas liegen im breiten Osten und verschmälern sich nach Westen. Nehmen wir die Donau aus, so gehören alle europäischen Stromgebiete von mehr als 200,000 qkm Oberfläche dem Osten an. Die Reihe ist: Wolga, Donau, Dnjepr, Don, Dwina, Petschora, Ural (240,000 qkm); Rhein (215,000), Weichsel (180,000), Oder (115,000), Loire und Rhone, Memel (85,000) repräsentieren die mittlere Ausdehnung Mitteleuropas; Garonne und Po (72,000 und 70,000 qkm) endlich die kleineren Maße Westeuropas. Die Länge der Flüsse ist mehr Zufälligkeiten unterworfen. Zwar steht auch hier die Wolga mit 3500 km an der Spitze, und die Donau folgt mit 2700; dann kommt der Rhein mit 1200, die Elbe mit 1100, die Weichsel mit 1000, die Oder mit 850, die Weser mit 700 km. Das Hervortreten der im Gegensatze zu allen anderen in der Richtung der Breite des Erdteils strömenden Donau ist unter den Mittel- und Osteuropa gemeinsam angehörigen ebenso auffallend wie das Übergewicht, welches in Länge und Stromgebiet der Rhein gegenüber allen mittel- und westeuropäischen Strömen behauptet. Neben dem Rhein ist die tief nach Süden reichende Elbe durch große Länge ausgezeichnet, und die Weser hat bei einem um zwei Fünftel kleineren Stromgebiet einen ebenso langen Lauf wie die Seine. Im Gegensatze zu den Flüssen Osteuropas haben diejenigen Mitteleuropas langgestreckte und schmale Gebiete.

Wenn wir die Erdteile vergleichen, so sind naturgemäß die großen vor den kleineren bevorzugt, und die größten Ströme entwickeln sich, wo Tiefländer von großer Ausdehnung vorkommen. Nimmt man als große Flüsse die mit Gebieten von über 500,000 qkm Oberfläche, so entfallen auf diese Gebiete von Südamerika (4 große Ströme) 67 Prozent, von Asien (13) 44, von Afrika (5) ca. 43, Nordamerika (6) 36, Europa (3) 30, Australien (1) 9 Prozent.

Eurasiens Stromgebiete verteilen sich folgendermaßen: Ob 2,9 Mill. qkm, Jenissei 2,5, Lena 2,3, Amur 2, Yangtse 1,8, Ganges 1, Hoangho 0,98, Indus 0,96, Mekong 0,8, Brahmaputra 0,67, Amu Darja 0,45, Irawaddi 0,43, Tigris 0,37, Euphrat 0,33, Saluen 0,32, Godavari 0,31 Mill. qkm. Unter den europäischen Stromgebieten steht an der Spitze das der Wolga mit 1,5 Mill. qkm, und es folgt die

Donau mit 0,8. Der Rhein mit der Maas hat 0,2, die Rhone 0,1, der Guadalquivir 0,05 Mill. qkm. Afrikas Ströme sind Kongo mit 3,7 Mill. qkm, Nil mit 2,8, Niger mit 2,1, Sambesi mit 1,3, Oranje mit 0,96, Limpopo 0,4 Mill. qkm. Dem Tsadseebecken weist Bludau 1 Mill. qkm zu. In Amerika ist das Stromgebiet des Amazonas (mit Tocantins) 7 Mill. qkm groß, das des La Plata 3,1, des Mississippi 3,2, Sankt Lorenz 1,25, Athabasca 1,7, Saskatchewan 1,1 Mill. qkm.

Die Länge der Flüsse und die Stromentwickelung.

Indem alle Bäche, Flüsse, Ströme das gleiche Bestreben leitet, nach den tiefsten Stellen der Erdrinde hinzurinnen, werden ihre Wege um so länger, je weiter in der Richtung ihres Fließens das Land sich erstreckt; mit anderen Worten, sie werden um so größer, je weiter entfernt vom Meere ihre Quellen liegen. Gebirgige Länder, die nahe am Meere liegen, sind reich an Flüssen, die aber nur klein sein können. Natal und Zululand haben Hunderte von Flüssen kurzen Laufes, die, dem Küstenabfall entsprechend, fast parallel dem Indischen Ozean zufließen. Die Westküste Amerikas ist von der Südspitze bis zur Mündung des Columbia das stromärmste Gebiet der Erde, während die Ostküste das stromreichste ist. Dem Stillen Ozean fließt nur das Wasser von einem Siebzehntel Südamerikas zu. Die ganze Ostküste Italiens hat keinen nennenswerten Fluß südlich vom Po; natürlich, denn sie folgt über 800 km dem Streichen der Apenninen, deren Hauptkamm nahe dem Meere zieht. Ebendeswegen sind alle Inseln arm an großen fließenden Gewässern, um so ärmer, je gebirgiger sie sind. Ein mächtiges, schnee- und gletscherreiches Gebirge, wie der Kaukasus, sendet keinen Strom aus, da Pontus und Kaspischer See seinen Raum einengen. Große Gebirge senden nicht immer große Flüsse aus, zersplittern vielmehr und verengern die Stromgliederung.

Häufig kehrt das Bild wieder, das Ganges, Indus, Donau, Po bieten; ein Flußgebiet von verlängerter Gestalt nimmt den größten Teil des Ansatzes einer Halbinsel an ein Festland ein. Man kann insofern von einem peninsularen Flußtypus sprechen. Das Flußgebiet liegt in allen diesen Fällen in einer alten Meeresbucht, die es allmählich mit seinem Schutt aufgefüllt hat. Dieses peninsulare Flußgebiet bildet zugleich den Übergang von der peninsularen Enge zu der festländischen Ausbreitung, es ist daher größer als die Flußgebiete, die ganz der Halbinsel angehören. Beim Indus, Ganges, bei der Donau und dem Po ist es zweifellos so, nur der Ebro folgt der Regel, daß die schwächeren Flüsse der Iberischen Halbinsel ihre Wege zum Mittelmeer suchen. Der Ebro steht aber an Lauflänge dem Tajo und Duero wenig nach, sein Gebiet beträgt 83,500 qkm gegen 94,500 qkm des Duero. Eine andere Art von peninsularer Beziehung zeigen die Elbe, die Loire, der Brahmaputra, der Colorado, die in die Winkel beim Ansatz einer Halbinsel an ein Festland ausmünden.

Varenius hat die Flüsse in Strom (Fluvius), Fluß (Rivus), Bach (Amnis) und Sturzbach (Torrens) geteilt. Auch für uns sind die Größenverhältnisse in dem vom Sprachgebrauch befestigten Strom, Fluß und Bach maßgebend. Doch kommt dabei keine absolute Klassifikation heraus, da wir neben die Länge immer das Stromgebiet stellen und kein einziges fließendes Gewässer losgelöst von seinen Umgebungen betrachten dürfen. Es ist wichtig zu wissen, daß die längste Wasserrinne der Erde der Missouri mit dem Mississippi bildet: 6600 km. 6000 km mißt der Nil von der Kageraquelle an, 4200 km der Kongo. Der Amazonas wird an Länge vom Mississippi-Missouri um 800, sogar vom Yangtse noch um 150 km übertroffen; aber die Gebiete dieser Ströme verhalten sich ganz anders; das des Amazonas mit dem des Tocantins mißt 7 Mill. qkm, das des Mississippi 3,25 Mill. qkm, des Yangtse 1,8 Mill. qkm. So hat die Donau ein viermal so großes Gebiet als der Rhein, ist aber nur zweimal so lang. Immer wird für den Geographen die Flußlänge als die Länge der Berührung eines Wasserfadens mit dem Lande, der Küstenlänge vergleichbar, eine bedeutsame Größe bleiben; aber die Größe des Stromgebietes als Ausdruck für den Raum einer natürlichen Landschaft und eines Verkehrsgebietes steht noch darüber.

Die Wasserscheide.

Die Wasserscheide ist die Grenze zwischen den nach beiden Seiten abfließenden Quellen. Sie ist nicht als Linie zu denken, sondern als Saum. Wo zwei Hänge scharf wie im First eines Daches zusammenstoßen, gibt es eine Grenze des nach verschiedenen Seiten abfließenden Wassers, die man wohl glauben mag mit einer einzigen Linie bezeichnen zu können. Ein Regen, der uns auf einer Wanderung über einen Alpengrat überrascht, läßt uns erkennen, was eine rechte Wasserscheide ist: man sieht die Regenbächlein streng gesondert rechts und links von dem Grat hinabeilen. Indessen schon dieser Gebirgsgrat hat breite Stellen, wo das Wasser stehen bleibt, und wir fangen an zu zweifeln, ob die Wasserscheide wirklich immer eine scharfe Linie sei. Führt uns nun unser Weg auf ein Gebirgsjoch, da finden wir eine breite Stelle, wo das Wasser weder rechts noch links abfließt. Wo ist hier die Wasserscheide zu ziehen? Und gehen wir auf dem breiten Rücken entlang, da finden wir viele Stellen von derselben Art, und wir sagen uns endlich: die Wasserscheide ist keine Linie, wie man sie zu nennen pflegt, sondern ein Saum, bald schmäler und bald breiter. Wir würden aber noch andere Gebiete betreten können, wo überhaupt von keiner Scheidung der Wasser mehr die Rede ist. Wir könnten im Schwarzwald hochgelegene Wiesen finden, deren Entwässerungsgräben über die flache Scheide hinüber- und herübergreifen. Wir könnten auf Mooren vergebens nach der Richtung suchen, in der das Wasser aus dem vollgesogenen Schwamm hier- und dorthin abfließt, so besonders im baltischen Seenhügelland, wo es eine ganze Kette von Gebieten gibt, die oberflächlich überhaupt keinen Abfluß haben, wo also keine scharfe Wasserscheide sein kann. Es sind Moränen- und Heidesandlandschaften. Die Niederschläge sammeln sich hier in Seen, Sümpfen und Mooren, aus denen das Wasser verdunstet oder unterirdisch absickert. Daß es dabei nicht zur Bildung von salzreicheren Seen kommt, hat seinen Grund in den starken Kalkniederschlägen in Form von Seekreide

Das Verschwinden eines Teiles der Rhone bei Bellegarde. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 132.

und Wiesenkalk und in der Aufnahme der Salze in die Pflanzen. Wir könnten im Geist die sagenreichen Gefilde des Amselfeldes besuchen, wo im oberen Teil ein Bach aus dem in 570 m Höhe liegenden Sumpfe von Sasli zum Drin, ein anderer zur Morawa fließt. Im Prepasee würden wir einen Abfluß zum Drin, einen anderen zum Devol gehen sehen, also einen Bifurkationssee vor uns haben. Mit Wilhelm Junker könnten wir endlich die Obä des Uëllegebietes auf einer Vegetationsdecke überschreiten, die Menschen trägt.

Endlich könnten wir noch Gebiete hinzufügen, wo die Entwässerung in die Tiefe verlegt ist, so daß wir von versinkenden Flüssen (s. die Abbildung, S. 131 und Text, S. 116) nicht sagen können, welcher Seite sie zufließen. Am Ostrande des Schwarzwaldes entspringt ein Flüßchen, das dem Donaugebiet zustrebt, es versinkt aber im Kalk des Randen bei Tuttlingen und kommt als Rheinzufluß zum Vorschein. Die angebliche Garonnequelle, die an der Nordseite des Pic de Nethou (3405 m) entspringt, versinkt bei 2020 m in dem Trou de Toro und kommt höchstwahrscheinlich als Zufluß des Ebro wieder zu Tage, während die sicheren Garonnequellen im Thal von Aran bei 1870 m als Goueils de Garona entspringen. Auch unter tiefen Schuttdecken gehen Wasserläufe ohne bestimmte Richtung. Wir finden derartiges in der Moränenlandschaft unserer baltischen Seenhügelländer. Kurz, es gibt eine Menge von Gebieten, wo die Richtung der Entwässerung nicht ausgesprochen ist. Dazu gehören alle Hochebenen, Massengebirge, alle schuttreichen Länder, und im allgemeinen sind auch in Schollenländern die Wasserscheiden sehr unregelmäßig. Die Erhebungen sind in allen diesen Fällen nicht ausgesprochen und nicht firstförmig genug, um den Wassern entschieden die Wege hier- oder dorthin zu weisen. Es ist nur ein Schritt zu den offenbaren Durchbrechungen der Wasserscheide durch einen klaren Zusammenhang der Quellgebiete zweier Flüsse, eine Gabelung oder Bifurkation.

Die Erkundigungen von Ivens und Capello ergaben, daß der Kubango nicht in den Ngamisee, sondern durch den Tschobe oder Kuando in den Sambesi sich ergieße, um nur in Fällen großen Wasserreichtums seinen Überfluß dem Ngami zuzuführen. Fast gleichzeitig berichtete aber Aurel Schulz, daß Kubango und Kuando durch ein System von Sümpfen miteinander verbunden seien, während immerhin der Kubango hauptsächlich als Zufluß des Ngami zu gelten habe. Um die hydrographische Verschlingung noch zu vermehren, sah man früher, bei höherem Wasserstande, den still aus dem Ostrande des Sees gehenden Zuga zeitweilig durch einen anschwellenden Zufluß des Tioghe in den See zurückgedrängt. Der Zwei-Ozeanpaß (s. die Karte, S. 133) ist eine grasbewachsene Fläche von etwa 3 qkm, die in 370 m Höhe gerade südlich vom Yellowstone-Park liegt. Von den Bergen, die den Paß umgeben, fließen Bäche ihm zu; der eine, der Pacifik, kommt von Westen und fließt über die Paßwiesen im Bogen nach Süden und Westen, der andere, der Atlantik, kommt mit zwei Armen von Norden und Osten und fließt nach Nordosten; vorher gibt aber jeder von den beiden Zweige ab, die nach Süden und Westen fließen und vereinigt in den Pacifik münden. Daß hier in der That eine nicht nur vorübergehende Verbindung besteht, lehrt die biogeographische Thatsache, daß unter den Seen des Yellowstone-Parks nur der Yellowstone-See Forellen hat. Dieser See ist genau wie die anderen Seen dieses Gebietes durch hohe Wasserfälle abgeschlossen, über die sein Abfluß zum Yellowstone-Fluß geht, aber in ihn mündet der Atlantische Bach vom Zwei-Ozeanpaß, der dort in Verbindung mit dem zum Stillen Ozean gehenden forellenreichen Schlangenfluß durch den Pacifischen Bach steht.

Weit entfernt, immer Gebirge einzunehmen, liegen die Wasserscheiden sehr oft auf den flachen Rücken der Länder, wo die höchsten Teile nicht Kämme und Berge, sondern echte Hochebenen tragen. Umherirrende Flüsse oben, Durchbrüche und Stromschnellen unten sind die Merkmale solcher Länder. Die Unentschiedenheit der Wasserscheide in den Quellgebieten und die Stromschnellen oder Katarakte in den Unterläufen afrikanischer Ströme hängen innig zusammen. Was dort an Gefälle zu wenig, das ist hier zu viel. Auf den Landhöhen, von denen die größten Ströme Nordamerikas herabsteigen, sind die Wasserscheiden die flachsten Teile des

Landes, wie es auch in anderen Gebieten der Fall ist, die einst vergletschert waren. Zwischen den Großen Seen und der Hudsonsbai liegt die Wasserscheide gleichmäßig wenig über 300 m. Sehr häufig kommen hier Thalwasserscheiden vor, die dann gewöhnlich in alten Senken liegen, deren Zusammenhang durch ungleichmäßige Schuttausfüllung aufgelöst worden ist. Das für die Verbindung des Ostens und Westens der Vereinigten Staaten von Nordamerika so wichtige Thal des Mohawk hat einen Felsenboden, der nach Westen geneigt ist und einem alten, präglazialen Flußlaufe folgt. Aber durch Driftausfüllung ist sein Gefälle nach Osten gerichtet worden; die Driftausfüllung beträgt mehr als 40 m (vgl. die Karte, S. 137).

Früher setzte man als selbstverständlich voraus, daß die höchsten Ketten eines Gebirges immer auch die Wasserscheide bildeten; mit der Zeit hat man aber viele Fälle gefunden, in denen Flüsse, die von einem niedrigeren Gebirgsabschnitt herkommen, einen höheren durchbrechen. Das größte Beispiel bieten Ganges und Indus, deren Quellen und Wasserscheiden hinter den höchsten Ketten des Himalaya liegen. Der Politik, die in Grenzverträgen Gebirgskämme und Wasserscheiden gleichsetzte, hat dieser Unterschied manche Verlegenheit bereitet.

Der Zwei-Ozeanpaß im oberen Yellowstone-Gebiet. Nach „Globus“. Vgl. Text, S. 132.

Der größte, noch nicht ausgetragene Konflikt über eine Wasserscheidengrenze, der chilenisch-argentinische, hat seinen Ursprung gerade in dieser Verwechselung der Wasserscheide mit den höchsten Teilen des Gebirges. Es heißt in dem Vertrag von Buenos Aires von 1881, der einen alten Streit schlichten sollte, die Grenze solle über die höchsten Scheitelpunkte ziehen, welche die Wasser scheiden. Schwierigkeiten wurden nicht in dieser Verbindung disparater Begriffe vorausgesehen, sondern nur in dem Vorkommen von Thälern in Gabelungen der Kordilleren, in denen die Wasserscheide unklar sein könnte. Diese sollten an Ort und Stelle entschieden werden. In einem späteren Protokoll von 1893 ist statt der linea de las cumbres mas elevadas die geographisch noch zweifelhaftere Phrase encadenamiento principal de la Cordillera gesetzt, worunter man wahrscheinlich die Hauptkette zu verstehen hat. Da nun in den patagonischen Kordilleren weder die Linie der Hauptgipfel mit der Wasserscheide zusammenfällt, noch auch in dem Gewirr von Höhenzügen eine Hauptkette herauszufinden ist, konnte die Grenze nach allen diesen Bestimmungen gar nicht festgesetzt werden, denn südlich von 40½° südl. Breite ist das Gebirge in eine Menge von Parallelketten aufgelöst, die in tiefen Scharten von den Flüssen durchbrochen werden; dort liegt schon in der Gruppe des Tronador (3108 m) die große Wasserscheide westlich von den Hauptgipfeln, und der mächtige Aconcagua liegt östlich von der Wasserscheide.

Aus kleinen Wasserscheidenstrecken setzt sich in jedem Festland ein langer Saum zusammen, in dem die Flüsse sich an die Ozeane verteilen: die Hauptwasserscheide. Der schmale, flache Rücken Frankens zwischen den Quellen der Rednitz und der Altmühl ist zugleich Wasserscheide zwischen Rhein–Nordsee und Donau–Mittelmeer. Verbindet man solche Strecken, so erhält man aus zahllosen kleinen Wasserscheiden, die jeder Höhenrücken, jeder Hügel, jedes Gebirge bildet, eine Hauptwasserscheide der Erde, die vom Kap Hoorn bis zur Beringstraße, in Asien auf den Gebirgen der Ost- und Südumrandung Zentralasiens, in Afrika wesentlich auf den

Höhen der ostafrikanischen Hochebenen hinläuft. Ein allgemeiner Vergleich dieser Linie zeigt, in wie hohem Maße das Nördliche Eismeer und der Atlantische Ozean durch die Zufuhr einer unverhältnismäßig großen Wassermasse begünstigt sind. Von dem Lande der Erde werden 51 Prozent nach der atlantisch-arktischen, 27 Prozent nach der pacifisch-antarktischen Seite, 22 Prozent nach den abgeschlossenen Binnengebieten entwässert.

Jede Wasserscheide hat ihre Geschichte, in der sich die Veränderungen ihres Bodens spiegeln; daneben greifen aber auch fernerliegende Vorgänge ein. Zunächst ist jede Wasserscheide eine Erscheinung der Oberfläche, infolgedessen sie Veränderungen erfährt, wenn die Oberfläche auch nur geringe Umgestaltung erleidet. Die Ablagerungen des Firnes auf einem Gebirgsrücken können leichte Verschiebungen je nach den vorwaltenden Winden und der Masse der Niederschläge bewirken; ein Abbruch vom Gebirgskamm kann den Verlauf der Wasserscheide verändern. Große Änderungen dieser Art brachte die Eiszeit einmal durch die Ausdehnung der Firnlager in höheren, dann aber besonders durch ihre Schuttablagerungen in tieferen Gebieten. Tieferlegung der Flußrinnen im Mittel- oder Unterlauf wirken umgestaltend bis auf die Wasserscheide zurück, indem sie die oberen Zuflüsse befähigen, sich tiefer einzuschneiden (vgl. Bd. I, S. 599). Augenfällig ist die Verschiebung der Wasserscheide in den argentinischen Anden durch die von Westen her kräftiger vordringende Erosion, die den See Lacar in das pacifische Abflußgebiet hineingezogen hat; nur eine niedere Schwelle trennt sie vom System des Rio Negro. Daran ist aber nicht bloß der Niederschlagsreichtum der pacifischen Abdachung, sondern auch das unbedingte Vorwalten heftiger Westwinde schuld. In der Abdämmung von Seen durch vulkanische und andere Ablagerungen werden wir gleichfalls eine Ursache der Verlagerung der Wasserscheide kennen lernen.

Die Flüsse in der Geschichte der Erde.

Die Erdgeschichte zeigt uns die Flüsse thätig in Eingrabung und Verbreiterung der Thäler und in der Fortpflanzung der Bewegungen des Bodens, über den sie fließen. Größer aber ist ihre erdgeschichtliche Bedeutung, wo sie uns als Reste und Zeugen einer größeren Vergangenheit erscheinen. Das tritt vor allem im Unterlauf der ins Meer mündenden Flüsse hervor. Ein Strom wie der Mississippi ist eng mit dem Golfe verbunden, den seit dem Tertiär zwei Senkungen tief in das Land eintreten ließen. Solches Land und Meer wie diese sind gar nicht ganz voneinander zu trennen. Der Mississippi erscheint uns als ein schmaler Rest der einst weiten Ausdehnung des Meeres ins Land hinein. Aber nicht bloß dieser Tieflandstrom, sondern auch der Sankt Lorenz und der Hudson im Osten Nordamerikas in ihren Felsenbetten sind von Resten einer jungen Meeresausbreitung umlagert. So ist die Geschichte des Rheines unterhalb Basel, des Po, der Rhone von Lyon abwärts ein Wechsel von Vordringen und Rückzug des Meeres infolge von Senkungen und Hebungen. Orinoko, Amazonas und La Plata sind die Reste von Meeresarmen, die noch zur Kreidezeit das heutige Südamerika in drei Abschnitte zerlegten. Auch die Kordilleren hingen damals noch nicht zusammen, sondern waren mindestens an einer Stelle zerteilt, so daß auch die Quellgebiete dieser Ströme anders gelegen haben müssen.

So wie das bestehende Flußnetz ein Spiegelbild der Bodengestalt von heute ist, spiegelt es auch die Veränderungen des Bodens von gestern wieder und verkündet die von morgen. In verlassene Thäler und verbindende Senken legt der Verkehr seine Wege und ruft mit den modernsten Mitteln uns eine graue Vergangenheit zurück. Was jetzt Oberrhein zwischen Bodensee und Basel ist, war einst ein oberer Arm der Saône. Noch an der Schwelle der Eiszeit, in der Oberpliocänzeit, floß der Rhein von Schaffhausen her 300 m höher als heute durch den Sundgau

der Saône zu. Dem alten Saônelauf folgen heute Kanäle und Schienenwege, die durch die Burgundische Pforte Rhein und Saône wieder in Verbindung setzen; an Stelle der Wasserströme sind Ströme der Menschen und des Verkehres getreten. Was aber heute Mittelrhein ist, war damals ein selbständiges Flußsystem. Vergebens wird man sich bemühen, zu verstehen, wie der Rhein, der bei Basel in 250 m Höhe fließt, die Geschiebe abgelagert haben sollte, die in größeren Höhen an den Abhängen des Mittelrheins und in seinen Seitenthälern liegen. Dort flossen vielmehr Flüsse hoch über der heutigen Thalsohle des Oberrheins und ebenfalls hoch über der ihrer heutigen Nachfolger.

Je tiefer der Fluß herabsteigt, und je mehr er damit die Unterschiede zwischen seiner Lage und der Meereshöhe verkleinert, desto geringer werden die Höhenunterschiede in seinem eigenen Lauf. Es wächst also die Möglichkeit von Laufveränderungen nach der Mündung zu, dem Schauplatz jener großen Laufänderungen der Flüsse, die wir bei der Betrachtung der Deltas (s. Bd. I, S. 419) kennen gelernt haben. Mit Bezug auf sie möchten wir nur die Fälle hervorheben, wo eine gemeinsame Mündung zweier Flüsse sich teilt und ein Nebenfluß dadurch Selbständigkeit erlangt, wie jüngst der Araxes, der, nachdem er früher selbständig in den Kaspisee gemündet und darauf Nebenfluß des Kur geworden war, neuerdings sich wieder eine eigene Mündung durchgebrochen hat. So mündete die Maas einst selbständig, ehe sie auf ihrem stufenweisen Vorrücken nach Osten sich mit dem unteren Rheine verband. Laufänderungen fehlen aber auch im Ober- und Mittellauf nicht, wo z. B. die Bedingungen des Wechsels des Bettes besonders in Schuttablagerungen von großer horizontaler Ausbreitung gegeben sind. Ketten hintereinander liegender Teiche und Sümpfe bezeichnen dann die Lage alter Flußläufe. Prschewalskij beschreibt eine Laufänderung des oberen Hoangho, die mit den vielbesprochenen Verlegungen des Unterlaufes wohl verglichen werden kann. Der Hoangho verzweigt sich vor dem Westende des Mani-Ula und hat dort seinen Lauf in geschichtlicher Zeit um volle 50 km südlich verlegt; die Grenze des Ordoslandes, die er einst umfloß, ist aber auf der alten Stelle geblieben und liegt heute in dem verlassenen Strombett. Noch 1875 richtete der Bermejo große Verwüstungen an; seitdem ist seine ganze Wassermasse in den 4—8 Leguas entfernten Teuco übergegangen, und die ganze Chacolandschaft ist umgestaltet. Im Laufe des Oxus liegen Zeugnisse für ein beständiges Drängen nach Osten. Man könnte es für möglich halten, daß er den Murghab noch vor ein paar Jahrtausenden als seinen Nebenfluß aufnahm.

Eine lange Erforschungsgeschichte hat der angebliche alte Oxusarm, der quer durch die Usturthochebene zum Kaspisee geflossen sein soll. Thatsächlich liegt in diesem angeblichen Oxusbett des Usturt eine Wasserscheide bei Bala-ischem. Es war nie ein Oxusarm, sondern beherbergte einen salzigen Abfluß des Sary-kamysch-Sees. Der Mangel der unverkennbaren Schlammabsätze des Oxus in diesem Bett ist Beweis dafür, daß dasselbe niemals Oxuswasser geführt hat.

In den Flüssen spiegelt sich nicht bloß die Bodengestalt der Gegenwart, sondern auch ein Teil ihres Werdens. Das fließende Wasser ist in jedem erdgeschichtlichen Augenblick abhängig von dem Boden, den es überströmt. Zugleich ist es aber an dieselbe Stelle gebunden, solange die Grundbedingungen seines Laufes gleichbleiben. Die Durchbruchsthäler haben uns das Wasser in der Stetigkeit seiner Wirkung auf den Boden in Hebung und Senkung gezeigt. Das Wasser, das stetig einsinkt, während das Land sich hebt oder gleichbleibt, wird dadurch ein Maßstab für die Bodenveränderungen. An dem Wasserfaden eines Flusses lesen wir das Steigen und Fallen des Bodens ab, wie an der Skala des Quecksilberbarometers das Steigen und Fallen der Metallsäule. Dabei bleibt dem Wachstum des Baches, des Flusses immer dasselbe Ziel gesetzt, rückwärts zu schreiten. Am unteren Ende setzt ihm das Meer ein Ziel, am oberen

wächst er ins Land hinein; unten liegen die breiten, flachen, fertigen Rinnen, oben die unebenen, unfertigen Rinnsale. Nichts bezeugt besser das Wachsen der Flüsse von unten nach oben, als daß in Zentralfrika so gut wie in Labrador die unfertigen Flußgebilde in den Oberläufen liegen, während die Unterläufe cañonartig ausgebildet sind.

Vielen größeren Stromgebieten sieht man es auf den ersten Blick an, daß sie aus ganz verschiedenen Teilen zusammengesetzt sind, und man kann ihre Entwickelung in ihren Umrissen lesen. Das Stromgebiet des Rheines ist breit entwickelt zwischen den Main- und Moselquellen, wo ein selbständiges mittelrheinisches Flußsystem bestand, und verschmälert sich bei Basel, wo einst eine Wasserscheide zwischen Rhein und Saône lag, dann breitet sich sein alpiner Teil noch einmal mächtig zwischen Aar und Ill aus, gleichsam ein alpines Anhängsel. Im Kongosystem machen Kongo, Kassai und Aruwimi den Eindruck von drei selbständigen Strömen, die erst der gemeinsame Durchbruch durch das Küstengebirge verknüpfte, nachdem sie vorher alle in denselben Kongosee gemündet hatten.

Das Wesentliche und Bedeutende des Flusses liegt in seiner Bewegung. Wir dürfen nicht glauben, ihn zu kennen, wenn wir seinen Lauf als eine feste Linie in die Karte eingetragen oder seine Länge, seinen Ursprung, seine Mündung bestimmt haben. Gerade den Flüssen gegenüber sind unsere Karten nur Durchschnittsbilder und höchst schematisch. Nicht in den Eigenschaften, deren Mittel und Durchschnitt wir festhalten, sondern in seinen Schwankungen liegt die Natur des Flusses. Er ist eine veränderliche Größe, deren Beständiges der Wechsel seiner Zustände und seiner Umgebungen ist. So liegt ein großer Teil der erdgeschichtlichen Bedeutung des Wassers darin, daß es durch seine Beweglichkeit die Wirkungen kleiner Bewegungen der Erdrinde über weite Gebiete, unter Umständen über die ganze Erde hin trägt. Es wirkt so als Ausbreiter und Vervielfältiger.

Die Wasserscheide hebt sich mit dem Lande: das Gefälle nimmt zu, die Flußrinnen werden tiefer gelegt, Stromschnellen werden durchschnitten, Seen trocken gelegt. Eine entsprechende Wirkung hat es, wenn bei gleichbleibender Wasserscheide der Unterlauf eines Flusses durch Senkung tiefer gelegt wird. Eine ältere Stufe der Entwickelung des Kongo wird bezeichnet durch große Seen im mittleren Becken, so wie sie im oberen noch bestehen; der Unterlauf, „der Fluß von Banana", hat offenbar, unterstützt durch Senkung der Westküste, die mittleren Kongoseen durch Tieferlegung entwässert. Im Schwarzwald nahm einst die Wutach ihren Lauf zur Donau durch die Aitrach; erst die Tieferlegung des Rheines im Schiefergebirge, die auf die Vertiefung des Rheinthales oberhalb Basel zurückwirkte, hat durch rückschreitende Erosion die untere Wutach befähigt, auch die mittlere und obere dem Rhein zuzuwenden. Umgekehrt ist die Wirkung der Hebung im Unterlauf. Unteritalien bietet das Beispiel von Küstenhebungen, die Flüsse gestaut und deren Mündungen in furchtbare Malariaherde verwandelt haben. Auch in Schweden hat die Küstenhebung Stauungserscheinungen hervorgerufen. Aber die tiefen und breiten Mündungen der Flüsse von Norrland zeigen zugleich mit ihrem seendurchbrochenen Mittel- und Oberlauf noch die Wirkung einer früheren Küstensenkung. Jede Veränderung der Höhenlage in einem Lande von geringen Höhenunterschieden muß alte Flußverbindungen gelöst und neue geschaffen haben. So gibt es auch Anzeichen, daß der Ottawafluß früher in den Bellfluß und mit diesem in die Jamesbai geflossen ist. Seine jetzige Richtung hat er wahrscheinlich durch eine Hebung Nordamerikas in nordöstlicher Richtung erhalten.

Wie Schuttauflagerungen Flußläufe verändern, selbst Flußsysteme durchschneiden, haben wir oben, S. 133, geschildert. Eines der auffallendsten Beispiele zeigt uns die Zerschneidung der Verbindung des Kivusees und seiner Zuflüsse mit den Nilquellseen. Hier sind es

offenbar vulkanische Ausbrüche, die den Graben nördlich vom Kivusee ausgefüllt und den See vielleicht erst in sehr junger Zeit gezwungen haben, einen Ausfluß südwärts durch den Russisi zum Tanganyika zu suchen. Vorher war wohl der Zusammenhang mit dem Albertsee und Albert-Edwardsee in ausgedehntem Maße da.

Die größten Veränderungen der Flußläufe und Flußsysteme hat aber auf diesem Wege die Vergletscherung hervorgebracht. Noch immer sehen wir die verhältnismäßig kleinen Gletscher der Alpen und anderer Gebirge bei ihren Vorstößen Bäche abschneiden und Seen stauen, aber in unvergleichlich viel größerem Maße hat in dieser Richtung die diluviale Vergletscherung gewirkt. Die Hydrographie Nordamerikas, Nordwesteuropas, Norddeutschlands ist zu einem großen Teile das Werk der Eiszeit. Dabei ist aber nicht immer nur an einfache Ablagerung des Schuttes durch den Gletscher zu denken, sondern die Gletscherbewegung hat durch Aufstauung des Schuttes an der Bildung von Dämmen und Becken mitgewirkt. Solcher Entstehung dürften die Schutthügel hinter den Föhrden sein, die den Lauf der Eider nach der Nordsee ablenkten.

Die großen Züge der Flußsysteme der Eiszeit sind auf dem deutschen Boden zuerst bedingt durch den allgemeinen Fall nach der Nordsee zu und zweitens durch die Einengung des Wassers, das den Eismassen entströmte, zwischen dem Eisrand und dem Mittelgebirge. Zwischen beiden war der einzige Raum für den Abfluß des Gletscherschmelzwassers nach der Nordsee. Wie diese Verhältnisse in der ersten und zweiten Eiszeit lagen, wissen wir nicht genau wegen der Bedeckung ihrer Ablagerungen durch den Schutt der dritten Eiszeit. Wohl aber wissen wir, wie die Ströme des norddeutschen Tieflandes in der dritten Eiszeit flossen. Als das Eis in diesem letzten Abschnitte der Eiszeit am weitesten nach Süden vorgedrungen war, reichte sein Südrand in flachem Bogen von der Elbmündung über Magdeburg bis in die Gegend von Breslau. Zwischen diesem Eisrand auf der einen und dem Nordfuße der deutschen Mittelgebirge auf der anderen Seite flossen das Schmelzwasser der Gletscher und die Abflüsse der Mittelgebirge nach Nordwesten ab. Heute fließen in diesem Thale die Malapane bis Oppeln, die Oder bis zur Katzbach und die untere Katzbach, die Schwarze Elster, die Elbe von Wittenberg bis Schönebeck. Der Lauf der Aller und der Weser von Verden an scheinen die Fortsetzung bis zur Nordsee zu bilden; aber darüber sind nähere Untersuchungen notwendig. Das ist das Thal, das Keilhack das Breslau-Bremer Thal nennt; besser wird man es wohl das südliche Urstromthal nennen. Einen zweiten Stillstand bezeichnet das sogenannte Glogau-Baruther Thal, das zweite Urstromthal, das heute die Bartsch in ihrem ganzen Laufe, die Oder oberhalb und unterhalb von Glogau aufnimmt und dann über Luckenwalde

Der Durchbruch des Hudson durch die Alleghanies. Nach „United States' Survey". Vgl. Text hier und S. 133.

und Baruth sich bis zur Elbe fortsetzt. Den nächsten langen Stillstand bezeichnet sehr deutlich das sogenannte Warschau-Berliner Thal, das dritte Urstromthal. Strecken des Bug, der Weichsel, der Bzura, die Warthe, Obra, Oder bis Frankfurt, Spree, Rhin und Havel liegen heute in dieser Rinne. Am längsten ist das Eis hinter dem vierten Urstromthale stehen geblieben, das man das Thorn-Eberswalder genannt hat. Heute wird es durchflossen von Narew, Bug, Weichsel, Netze, Warthe, Rhin und schließlich von der unteren Elbe.

So wie leise Bodenschwankungen in die scheinbar unbewegte Gegenwart eines Festlandes hineinzittern, zeigt der Wechsel der durchschnittlichen Wasserstände den Fortgang der Entwickelung des Flußlaufes an, in die jede Gerad- oder Tieferlegung, Ablenkung, Ablagerung eingreift. Sehr viele wohlgemessene Flüsse lassen uns einen sinkenden Flußspiegel sehen. Der Illerpegel in Kempten zeigte in den Perioden von 1826—54 einen höchsten Wasserstand von + 3,31, einen niedersten von + 0,18; 1855—84 einen höchsten Wasserstand von + 2,35, einen niedersten — 0,28. Also eine Abnahme der höchsten Wasserstände um 0,96, eine Abnahme der niedersten um 0,47. Man kann kaum an eine Rückwirkung der so weit entfernten Illerkorrektion denken. Ähnliche Beobachtungen liegen vom Inn vor. Für die Seine gibt es Wassermessungen seit 200 Jahren; sie zeigen gegenwärtig den niedersten Stand dieses Flusses seit 200 Jahren. Der Wasserspiegel der Elbe und Oder hat nach Messungen, die mit 1730 und 1735 einsetzen, in einem Jahrhundert ½ m an Höhe eingebüßt.

B. Die geschichtliche Bedeutung der Flüsse.

Inhalt: Die Flüsse als Ausläufer des Meeres. — Flüsse als Verkehrswege. — Die Flußgebiete als Naturgebiete; Flußgrenzen. — Die Überschwemmungen und Flußbauten. — Die Flußnamen. — Flußlandschaften.

Die Flüsse als Ausläufer des Meeres.

Die Flüsse sind für den Verkehr und die Ausbreitung der Völker Verlängerungen des Meeres ins Innere der Länder. Auch erdgeschichtlich sind sie das häufig; vgl. S. 134. Die Entdeckungsgeschichte berichtet uns eine Menge von Fällen, in denen bei der ersten Beschiffung Flüsse mit engen Meeresbuchten oder Sunden verwechselt wurden. Seitdem Hudson 1618 den nach ihm benannten Fluß Nordamerikas für den Anfang eines Seeweges nach dem Stillen Ozean gehalten, haben besonders die Sucher der nordwestlichen Durchfahrt oftmals Fjorde und Flüsse verwechselt. So gehören auch in der Gegenwart die Flüsse mit dem Meere verkehrsgeographisch zusammen. Die Gezeiten, deren Hinaufschwellen im Unterlauf der Flüsse wir kennen gelernt haben, tragen den Verkehr hinauf und hinab. In Flußmündungshäfen, wie Hamburg, Bremen, Lissabon (s. die Karte, S. 139), Quebek, Schanghai, Fu-Tschou (s. beigeheftete Tafel „Der Hafen von Fu-Tschou") ist die Flut noch deutlich zu merken. Ebenso mischt sich das Salz des Meerwassers in diesen Abschnitten dem süßen Flußwasser bei, Meerestiere wandern aufwärts, und die Grenze zwischen Meer und Fluß wird selbst landschaftlich immer unbestimmter. Damit werden auch geschichtlich die Unterläufe der Flüsse Bestandteile der Küste und des Meeres, und die Seevölker dehnen ihren Einfluß so weit aus, wie in den Flüssen der Seeverkehr reicht. Von der Art, wie ein Fluß mit dem Meere verbunden ist, hängt seine Verkehrsbedeutung und oft der Verkehr eines weiten Gebietes ab. So ist es von großer praktischer Bedeutung für die Erschließung Sibiriens vom Meere her, daß die Jenisseimündung ein offenes, wenig veränderliches Fahrwasser bietet; der Ob ist an seiner Mündung dagegen höchst veränderlich nach Gestalt und Tiefe, eine verwilderte Deltamündung, und daher schwer zugänglich. Für Alaska ist es ein großer Nachteil, daß die Yukonmündung durch Sandbarren verschlossen ist. Von der Länge und Beschaffenheit

DER HAFEN VON FU-TSCHOU IN DER MÜNDUNG DES MIN-FLUSSES. SÜDOST-CHINA.

Nach Aquarell von *E. Hildebrandt.* (Verlag von Kluge u. Morgenstern, Berlin.)

des Übergangsgebietes zwischen Fluß und Meer hängt die Lage und Bedeutung vieler Seehäfen ab. (Vgl. den Abschnitt „Seehäfen“ in Bd. I, S. 457.) Länder mit schwer zugänglichen Küsten werden erst durch die Flüsse aufgeschlossen, die an diesen münden: z. B. Nordafrika durch den Nil; und wo an einer einförmigen Küste viele Flüsse münden, wie am Meerbusen von Guinea oder am Südrande der Nordsee, bieten sie Ersatz für die mangelnde Küstengliederung (vgl. Bd. I, S. 452 u. f.). Die Entdeckungsgeschichte zeigt uns, wie die Länder, in die man vom Meere her auf den Flüssen eindringen konnte, denen vorauseilten, die nur mit schwer zugänglichen Flüssen ausgestattet waren: der Amazonenstrom wurde schon 1540 befahren, der 1485 entdeckte Kongo erst 1877. Dabei hängt natürlich viel davon ab, wie lang der vom Meere her zugängliche Unterlauf und wie er mit dem Mittel- und Oberlauf verbunden ist. Die Stromschnellen des Kongo, die schon 18 m über dem Meere beginnen, die Katarakte, die Unterägypten von Oberägypten und Oberägypten von Nubien trennen, sondern die oberhalb gelegenen Teile eines Flußgebietes von den meerwärts gelegenen ab und zerlegen ein einziges Flußgebiet in mehrere Verkehrsgebiete.

Auch in späteren Entwickelungsstadien geben die Flüsse die Richtung auf die Meere an, denen sie zuströmen. Rhein, Weser, Elbe weisen Deutschland auf die Nordsee, Oder und Weichsel auf die Ostsee hin. Im modernen Verkehr mögen quer zu den Flußrichtungen gelegte Schienenwege die Warenzüge nach anderen Richtungen ablenken, immer bleiben z. B. für Nordamerika der Golf von Mexiko, für Rußland der Kaspische See wegen der Mississippi- und Wolgamündungen Gewässer vom höchsten politischen Werte.

Maßstab 1:2500000 Klm.

Die Tajo-Mündung. Vgl. Text, S. 138.

Flüsse als Verkehrswege.

Im Inneren der Länder bilden die Flüsse die natürlichsten und bequemsten Verkehrswege. Länder mit vielen schiffbaren Flüssen, wie Deutschland, Frankreich, England, Holland, Rußland, sind begünstigt vor Ländern, die wenig davon haben, wie Spanien, Norwegen, Finnland. Allein das Mississippisystem bietet den 4 Mill. qkm von Amerika, die östlich von den Felsengebirgen liegen, 28,000 km Flußstraßen. Auch innerhalb größerer Länder herrschen in dieser Beziehung Unterschiede. Immer werden die meerwärts gelegenen, die tieferen, die ebeneren und die niederschlagsreicheren Landschaften durch Reichtum an natürlichen Wasserwegen begünstigt sein: der Norden und der Süden der Niederlande, Norddeutschland und Süddeutschland, das Italien des Tyrrhenischen und des Adriatischen Meeres zeigen diese ungleiche Verteilung sehr deutlich. Im großen betrachtet, sind die Zonen des Flußreichtums (s. oben, S. 109) auch immer Zonen reicheren Flußverkehrs, wodurch in Afrika das wasserreiche Äquatorialafrika, in Asien Nord- und Südasien, in beiden Amerika der atlantische Abhang begünstigt ist. Auf tieferen Stufen der Kultur verlegen ganze Völkchen ihr Leben auf einen Fluß; so hat der Kongo seine Fischer-, Handels- und Räuberstämme, die keinen festen Wohnsitz auf dem Lande haben,

sondern sich damit begnügen, von sicheren Häfen aus den Fluß zu beherrschen. In höherer Entwickelung sind das die Waräger der osteuropäischen Flüsse.

Jeder natürliche Abschnitt in einem Flußlauf erlangt verkehrsgeographische Bedeutung, und immer geht daraus politische hervor. Stromschnellen zwangen zur Unterbrechung der Fahrt und zur Umladung, oft aber erleichterten sie, ähnlich wie Furten, die Überschreitung eines Flusses. Das bot die natürlichen Bedingungen der Erhebung eines Durchgangszolles, des „Zwangsstapels“, den das ganze Mittelalter und bis in die neuere Zeit herein die Anwohner hochschätzten. Wie wichtig sind Brücken und Fähren (s. untenstehende Abbildung), letztere als Quellen

Eine Fähre über den Tji-Taroem, Java. Nach Photographie.

politischer Macht noch in der neueren Erforschungsgeschichte Afrikas wohlbekannt. Flußinseln erleichterten ebenfalls die Beherrschung des Verkehres und später den Brückenbau. Auf Flußinseln sind die Kerne bedeutender Städte entstanden; Paris hat sich um die Île de la Cité ankristallisiert. Lag eine Flußinsel dem Meere so nahe wie Manhattan, die Insel New Yorks (s. das Kärtchen, Bd. I, S. 456), so war ihre Zukunft noch gesicherter. Wo einst in West- und Mitteleuropa Römerkastelle und mittelalterliche Burgen sich im Wasser spiegelten und in Nordamerika Indianerdörfer oder umzäunte Zufluchtsorte, ist man sicher, heute Häfen, Städte und Brücken zu finden. So schafft der Verkehr sich in jedem Zeitalter seine Organe neu, aber die Natur, die dieselbe bleibt, bietet dafür dieselben Stellen. Freilich hing der Flußverkehr enger mit dem Flusse und seinen Ufern zusammen in einer Zeit, wo die in Nachen Rudernden nur kurze Tagreisen zurücklegten. Für diesen Verkehr gab es einst mehr „Landmarken“, als wir heute ahnen. Die

Geschichte Nordamerikas lehrt, daß, wo Hügel- oder Felsvorsprünge sich am Flußufer erheben, zur Landung einladend, weiten Umblick gewährend, die Indianer siedelten. Gerade in Nordamerika, das von der Natur keines der Lasttiere der Alten Welt empfangen hat, aber flußreich ist, mußten die Wasseradern für den primitiven Verkehr doppelt wertvoll sein.

Die Flußgebiete als Naturgebiete; Flußgrenzen.

Von den natürlichen Wasserwegen durchzogen und durch sie zu einem Ganzen verbunden, ist jedes Flußgebiet ein Verkehrsgebiet, aus dem ein Völkergebiet und Staatsgebiet werden kann. Im Vergleich mit der zusammenführenden Wirkung der Flüsse ist die Abgrenzung,

Eine abgeschnittene Flußschlinge im Rio Capim, Pará, Brasilien. Nach Photographie von Huber.

die sich gern an sie anlehnt, nur etwas Vorübergehendes. Der Fluß hemmt Bewegungen, die rechtwinkelig auf seinen Lauf gerichtet sind, daher die militärische Wichtigkeit der Flußlinien; aber er hemmt nicht auf die Dauer den Verkehr. Indem er ihm selbst als natürlichste Wasserstraße dient, kann er auch als Grenze nur anfänglich und vorübergehend wirken. Gegenüber der einheitlichen Geschichte und Kultur des Rheingebietes konnte auf die Dauer die Rheingrenze nicht aufkommen, sie ist aber ein Beispiel für die Verstärkung, die die trennende Funktion der Flüsse durch ihre dichtbewaldeten, feuchten Umgebungen erfährt; auch auf den großen Strömen des Amazonasgebiets ist ein Vordringen nur auf der Wasserstraße selbst möglich, während der dichte Uferwald meist dem Eindringen die größte Schwierigkeit entgegensetzt (vgl. die obenstehende Abbildung). Wohl aber wirken die Länder, die wasserscheidend zwischen den Flußgebieten sich erheben, sehr oft abgrenzend und befördern noch die ethnische oder politische Einheitlichkeit der Flußgebiete. Der Nil und Ägypten, das Zweistromland des unteren Euphrat und Tigris, seine Kultur

und die babylonisch-assyrischen „Weltreiche", der Anschluß der chinesischen Kultur erst an die Zuflüsse des Gelben Meeres, dann an den Yangtse sind große Beispiele. Salzburg als das Land der Salzach, Uri als das der Reuß, die Niederlande als das des Rheindeltas können hier angereiht werden. Das jüngste Beispiel der wirtschaftlichen und politischen Ausbreitung in dem natürlichen Gebiet eines Strombeckens ist der Kongostaat.

Die naturgegebenen Unterschiede zwischen Ober-, Mittel- und Unterlauf werden unabhängig von den großen trennenden Entfernungen ein solches Gebiet zerlegen. So wie wir bei der Betrachtung der Natur dieser Abschnitte (S. 95) den Unterlauf als den selbständigsten erkannten, so löste auch die Geschichte ihn am häufigsten von dem ganzen übrigen Flußgebiete ab und bestimmte ihm ein eigenes Leben. Das ist der ozeanische Teil, der als Ägypten, Mesopotamien, Yangtse- und Hoanghotiefland, Bengalen, als Niederlande, Preußen, Venetien, Louisiana sich dem Landanteil entgegensetzt. Fruchtbarkeit und Verkehr geben den ozeanisch-lakustrinen Flußabschnitten Bevölkerung, Städte, Kultur, und ihre Lage zum Meer verleiht ihnen eine größere Sicherheit als mitten im Lande. Im Oberlauf ist wie in der Natur, so in der Geschichte der Fluß zersplittert, hohe Berge legen sich zwischen seine Arme und Zuflüsse; dort ist die Heimat der kleinen, aber kräftigen Gebirgsvölker. Im Mittellauf beleben und zerteilen die Wasseradern das weite Land, aber jener ist nur der Übergang zwischen dem Ober- und Unterlauf und strebt vor allem die Verbindung mit dem letzteren als Weg zum Meere an.

Bildet jedes Stromgebiet in sich eine Stufenreihe, über welche die Gewässer mit den bekannten Merkmalen des Ober-, Mittel- und Unterlaufes sich ergießen, so entstehen aus mehreren nebeneinander liegenden Stromgebieten ganze Stufenländer, wo ähnliche Bodenformen und Höhenunterschiede ähnliche hydrographische Entwickelungen bewirken. Da nun vom Wasser und von dem durch Wasser abgelagerten Schwemmland die Kultur des Bodens, sowie das Wohnen und der Verkehr der Menschen abhängen, so bestimmen diese Abstufungen auch die anthropogeographischen Verhältnisse weiter Gebiete. Das innere Becken des Amazonenstromes zerfällt in eine Reihe von Stufen, deren unterste, wenig über 100 m hinausgehende, von Urwald, Sumpf und Wasserflächen eingenommen wird. Die Flüsse zerteilen das Land, und nicht wenige bilden im Unterlauf durch Verzweigungen vollständige Inseln. Aber diese **Flußgrenzen** sind für viele Wesen zu schmal, um zu trennen. In der Politik hat man zwar von der „natürlichen" Grenze der Flüsse viel gesprochen, aber in jedem einzelnen Fall überwiegt die Verkehrsbedeutung, die den Fluß zu einer Einheit macht, oder die Einheitlichkeit des Flußthales, die Trennung durch den Wasserfaden. Es müssen andere Motive hinzukommen, um einen Fluß zu befähigen, eine Grenze der Tier-, Pflanzen- und Völkerverbreitung zu bilden, wie es der Kassai thut, der zugleich für die Baluba einst eine Art von politischer Grenze gegen Westen hin war; es liegen hier klimatisch abweichende Gebiete rechts und links vom Strome. In diesem Sinne konnte man wohl das Garonnegebiet als eine in der Diluvialzeit wirksame Grenze bezeichnen, die keiner der nordasiatischen Einwanderer überschritt, welche damals Europa mit einer neuen Tierwelt ausstatteten. Ähnlich ist es auch im gemäßigten Südamerika, wo Rhea americana und Rhea Darwinii, die beiden einzigen Strauße der Neuen Welt, durch den Rio Negro getrennt werden, der im allgemeinen auch die Grenze zwischen den Pampas und dem steinigen Patagonien bildet. Daß der Jenissei zwischen dem Felsenrand des gebirgigen Mittelsibiriens und dem Tiefland Westsibiriens fließt (s. die Abbildung, S. 143), verleiht ihm die Bedeutung einer wichtigen Grenze.

Die Flüsse bilden in jedem Lande ein **natürliches Netz**, zwischen dessen Maschen größere oder kleinere Räume der Erde gelegen sind. Dieses Netz wird mit vollem Recht im geographischen Unterricht

in hervorragendem Maße berücksichtigt; auf seine Fäden kann die Lage zahlreicher Punkte der Erde bezogen und deren Einprägung dadurch erleichtert werden. Die Flüsse fehlen keinem größeren Abschnitt irgend eines Erdteils ganz. An ihren Ufern liegen die größten Städte der Erde, dieselben sind Verkehrswege oder werden begleitet von den wichtigsten Verkehrswegen, an sie legen sich Kulturvölker und Staatengrenzen an. Dazu kommt die Spiegelung der Grundzüge des Bodenbaues eines Landes in seinem Flußnetz, wodurch jede Betrachtung des letzteren immer auch einen Überblick des ersteren mit umfaßt, was für den geographischen Unterricht von der größten Bedeutung ist; denn die Hydrographie eines Landes wird immer nur verständlich sein, wenn die Kenntnis des Bodenbaues vorausgegangen ist, aber sie wird unter dieser Bedingung auch ganz klar erfaßt werden und ihre Einprägung wird viel leichter fallen, als wo diese Kenntnis fehlt. Die hydrographische Stunde ist eigentlich nur eine Repetition der orographischen. Flußgliederung und Bodengliederung, so wie sie in der Natur voneinander abhängen, müssen einander auch im geographischen Unterricht unterstützen.

Östliches Ufer des Jenissei bei Krasnojarsk. Nach Photographie von A. Jarilow. Vgl. Text, S. 142.

Nichts beweist besser die weitreichende Bedeutung der Flüsse für die ganze Natur eines Landes als der Zustand abflußloser Gebiete, d. h. der Gebiete ohne Verbindung mit dem Meer, in denen der Fluß nicht seine ganze transportierende Thätigkeit bis zu Ende führen, d. h. den Schutt des Landes dem Meere zuleiten kann. Hören wir F. von Richthofen über Zentralasien: „Der anscheinend geringfügige Umstand, daß in dem einen Falle die Produkte der Zersetzung der Gesteine nach dem Meere geführt werden, in dem anderen aber in dem Lande selbst zurückbleiben, hat sich als bestimmend für die Oberflächenformen, den physiognomischen Charakter der Landschaft, die Existenzbedingungen der organischen Welt, die Lebensweise des Menschen, die Verbreitung der Stämme und ihre Geschichte erwiesen. Starr und öde dehnt sich das weite Zentralasien aus — ein Kontinent im Kontinent. Lebensvoll und in unendlicher Mannigfaltigkeit der Gestaltungen lagern sich herum die peripherischen Gebiete.“

Die Überschwemmungen und Flußbauten.

Die Überschwemmungen, die man nicht regeln konnte, machten einst überall und machen in kulturarmen Ländern noch heute große Gebiete unbewohnbar. Nicht umsonst setzt der

Mythus die Bändiger der Flüsse an den Anfang der Geschichte ganzer Länder. Denn gerade die an die großen Ströme der Alten Welt gebundenen Kulturen Ägyptens, Mesopotamiens und Chinas setzen die Ab- und Eindämmung der Fluten voraus. Sie ist der wissenschaftslosen Halbkultur, die hier aufgewachsen ist, nicht voll gelungen; noch 1887 hat ein Durchbruch des Hoangho 30,000 qkm Land überschwemmt. Wer wird über die dünne Bewohnung mancher Teile von Afrika oder Südamerika staunen, wenn er weiß, daß dort Millionen von Quadratkilometern alljährlich in See und Sumpf verwandelt werden? Livingstone ging 1868 bei seiner letzten Reise vom Tanganyika zum Bangweolo tagelang im Wasser, und die Karawane mit Livingstones Leiche fand den Luapula bei Chisalamalamas Dorf zur Regenzeit so breit, daß man keinen Menschen am entgegengesetzten Ufer sehen konnte; man hörte den Schall einer Flinte, nicht aber den Ruf eines Menschen. Mit Ruder und Stoßstange brauchten sie zwei Stunden, um ihn zu überschreiten.

Die Armut an Resten alter Siedelungen in den tiefen Lagen eines anscheinend seit uralter Zeit bewohnten Flußthales, wie des Rheines, führt großenteils auf die Unbewohnbarkeit der Überschwemmungsgebiete, zum Teil aber auch darauf zurück, daß die Fluten alte Kulturreste mit Schutt zugedeckt haben. Die älteren Siedelungen liegen auch heute großenteils auf den Vorsprüngen der Hochufer oder auf Terrassen, auf Flußinseln. Die Geschichte der oberrheinischen Städte erzählt uns Beispiele genug von Unterwühlung und Einsturz auch solcher Lagen (Neuenburg oberhalb des Kaiserstuhls), von Verlegungen von dem einen aufs andere Ufer, sei es durch den hinter einer Siedelung sich eine neue Bahn suchenden Fluß, wie bei Altbreisach, sei es durch Kunst wegen Bedrohtheit der alten Lage. Die Verlegungen von Dörfern aus tieferen in höhere Lagen haben in einer großen Anzahl von Fällen stattgefunden.

Die Anschwemmungsstoffe sind in der Regel nur im Mittel- und Unterlauf fein genug, um sogleich die Fruchtbarkeit des Bodens zu vermehren. Selten findet man die Angabe, sie seien durch ihre Zusammensetzung unfruchtbar, wie beim Columbia in Nordwestamerika. Im Oberlauf und bei Wildbächen sind sie eine noch viel größere Gefahr als das Wasser selbst. (Über Wildbäche, Muhren und Vermuhrungen s. Bd. I, S. 478 u. f. und S. 523, und Bd. II, S. 120.) Im Unterlauf kommt aus dem Wasserüberfluß in der Regel nur feiner Schlamm zur Ablagerung, dessen befruchtende Wirkung die Überschwemmungen zum Segen macht. Ein mittlerer Stand des Nils, in Kairo gegen 7 m, ist der Segen Ägyptens; Lombardini berechnete in 16 Jahren 6 Überschwemmungen, die bis zu 1,03 m darunter blieben, und 9, die bis 0,93 m darüber hinausgingen. Anders ist es im Oberlauf. Hier richten die groben, lastenden, unfruchtbaren Geschiebe viel größere Verwüstungen an, gegen die es, bei ihrer Masse, oft überhaupt keine Hilfe gibt. Vgl. das über die Anschwemmungen der Flüsse oben, S. 120 u. f., Gesagte. In der Gewinnung der schuttbedeckten Thalgründe liegt selbst in hochkultivierten Ländern eine Möglichkeit, die Kulturfläche beträchtlich zu vergrößern. Im Oberlauf der Isar z. B. nehmen die öden Kiesebenen durchschnittlich dreimal soviel Raum ein als der Fluß selbst, im Mittellauf stellenweise sogar fünfmal soviel. Im Unterlauf hat der Wald schon von vielen Kiesbänken Besitz ergriffen, weswegen hier das eigentliche Ödland kleiner ist. Aber es darf wohl angenommen werden, daß durch die Nutzbarmachung dieser Kiesflächen mindestens ebensoviel Kulturland gewonnen werden könnte wie durch die Moorkolonisation.

Die Alpenabflüsse Oberitaliens sind wasserreich, aber auch reich an Schutt, den sie in breiten Uferstreifen über das Land ausstreuen, so daß zum raschen, oft reißenden und veränderlichen Lauf die breiten Kiesbetten kommen und jeder Flußlauf gerade durch diese Aufschüttungen ein Hindernis des

Verkehres zwischen Westen und Osten wird. Große Dammbauten waren notwendig, um sie einzufassen und das umliegende Kulturland gegen Verwüstung zu schützen. Dadurch wird das Fehlen jeder größeren Siedelung am Po abwärts von Cremona erklärt. Im Apennin sind die Kies- und Sandablagerungen der Flüsse noch größer und kulturfeindlicher (vgl. oben, S. 123).

Bei Flüssen, die aus hochgelegenen Schnee- und Gletschergebieten kommen, wirkt auch die Kälte des Wassers verwüstend auf die Vegetation, wie vom Columbiafluß und von südchilenischen Andenabflüssen berichtet wird, die von breiten Säumen abgestorbener Bäume umgeben sind. Über die Wirkungen des treibenden Eises s. oben, S. 50.

Da alles Leben in der Nachbarschaft des Wassers besser gedeiht, so gedeiht zugleich mit der üppigsten Vegetation am Rande der Flüsse die reichste Entwickelung des Lebens der Menschen, und darum besteht ein großer Teil des Kampfes um die Kultur in dem Bestreben der Menschen, sich die Flüsse zu unterwerfen, den Urwald ihrer Ufer und Inseln auszurotten. Es gibt keinen stärkeren Ausdruck für die reine Naturlandschaft als einen ungebändigten Strom in vegetationsreichem Klima. Dort, wo den Kongo dicht bewaldete, vielfach versumpfte, dann wieder als 4—5 m hohe Laterit-, Lehm- oder Sandsteinwände aufsteigende Ufer in seinem weiten mittleren Lauf einförmig einfassen, von denen Oskar Baumann sagt: „In diesen Strichen bringt der langsam fließende Strom, die ununterbrochenen Waldmauern, die zahllosen Inseln und Sandbänke, die werdende Inseln sind, eine solche Einförmigkeit hervor, daß man selbst die nur 30 m hohen Upotohügel als angenehme Abwechselung begrüßt", sieht man eine Landschaft, die in den reich bewässerten und reich bewachsenen Ländern aller Kultur, aller Geschichte vorangegangen ist.

Flüsse in neue Betten zu bannen, in denen sie zwischen festen Dämmen dahingehen, bedeutet nicht bloß die Beseitigung einer Gefahr, sondern auch den Gewinn des ihnen vorenthaltenen, gegen Überflutungen gesicherten Landes. Auch in unserer Zeit sind auf diesem Wege große Kulturwerke geschaffen worden. Die Linth, die früher in vielen Krümmungen in den Züricher See floß, schüttete von Nettstall bis Schännis einen Schuttkegel auf, der, in 50 Jahren um 3 m sich erhöhend, den Walensee-Ausfluß staute und große Überschwemmungen hervorbrachte, bis Escher 1807 den wilden Fluß in den Walensee leitete, aus dem er geklärt seinen Weg durch den Linthkanal in den Züricher See macht. Durch Tieferlegung des Walensees um 4 m wurde zugleich das Gefälle der oberen Linth vermehrt und sie befähigt, ihr Bett zu vertiefen und ihre Schuttmassen in den See zu wälzen.

Eine besondere Art von Zerstörung ist die der **Wildbäche** der Hochgebirge, die weniger durch die Masse ihres Schuttes als dadurch schaden, daß sie vermöge ihrer großen Fallkraft ihr Bett immer neu aufreißen, verlegen und erweitern. In ihnen schützt man den Boden des Bachbettes gegen das Auf- und Mitgerissenwerden, indem man ihn mit Steinen pflastert oder mit Holz verschalt; das Wasser geht dann ohne Schaden über ihn hin, und außerdem wird ihm der Transport seiner Geschiebe erleichtert. Ein kräftigeres Mittel sind die **Thalsperren**, die den oberen Abschnitt eines Bachbettes absperren, so daß sein Wasser sich zum See staut, in dem es seine Massen ausbreiten und seinen Schutt ablagern kann, um ruhig und rein weiterzufließen. Starke Thalsperren baut man aus Stein und pflastert noch eine Strecke darunter die Rinne, um Unterspülung zu verhindern. Ist das Becken hinter der ersten Sperre mit Schutt aufgefüllt, so baut man eine zweite höher oben und so weiter, wobei der Bewegung der Gehänge gegen die Rinne hin Einhalt gethan wird und die ihrer Pflanzendecke beraubten Seitenstrecken neu bewaldet werden. Diese Arbeiten werden aber auch ohne Thalsperren ausgeführt, wo bewegliches Erdreich fest gemacht werden soll, wozu auch Faschinen, Durchkreuzung eines lockeren Hanges mit Flechtzäunen und Pflasterungen angewendet werden.

Im natürlichen Zustande vollzieht sich der Abfluß des Wassers in den Thälern viel regelmäßiger und ruhiger als dort, wo die Kultur die Läufe eingeengt und eingedämmt hat, bis endlich eine große Katastrophe dem Strome vorübergehend zu seinem natürlichen Rechte verhilft. Dort nivellieren die ungezügelten Wässer sich ein weites und verzweigtes Bett, in welchem niemand sie stört. Aber Regelungen der Flüsse, **Flußbauten**, bilden die Voraussetzung der Bewohnung, des Anbaues und des Verkehres der Flußlandschaften. Man hat den Rhein als ein Artefakt bezeichnet, und wirklich verdient er diesen Namen auf einem großen Teil seines Laufes, auf dem er zu beiden Seiten von steinernen Dämmen eingefaßt ist. Die meisten seiner Windungen sind abgeschnitten. Dasselbe gilt von den meisten größeren Flüssen der Kulturländer, deren Quellen und oberste Zuflüsse als Bewässerungsteiche und Kraftquellen aufgestaut sind, während ihr Mittel- und Unterlauf zum Schutze gegen Überschwemmungen und zur Gewinnung von Kulturland geradegelegt und eingedämmt ist. Die Oder hat seit 1740 von der Neißemündung an eine ganze Reihe von Abkürzungen erfahren, die allein bis Brieg den Flußweg um 36,5 km verringert haben. Unzweifelhafte Vorteile sind durch diese Arbeiten erzielt worden. Abgesehen vom Verkehr, dem zuliebe die meisten von ihnen ausgeführt worden sind, haben sie die Überschwemmungen eingeschränkt. Die Wassermengen sind gleichmäßiger und damit der Verlauf der Hochwasser milder, die Wassertiefen sind beträchtlicher geworden, aber die Regelmäßigkeit und Dauerhaftigkeit der Stromrinne, die man erzielen wollte, hat sich nicht erzwingen lassen.

Der regulierte Rheinstrom schließt in seinen geraden, hohen und steilen Ufern das alte natürliche Rheinwasser in etwas gezähmter Verfassung ein. Die Wellen treiben gegen diese Wände an und kolken Löcher von 10 m Tiefe aus. Mit dem herausgespülten Schutt setzt der Strom in seinem geraden, steilwandigen Bett abwechselnd rechts und links starke Kiesbänke ab, zwischen denen er einen gewundenen Lauf mit sehr unregelmäßigen Tiefen nimmt. Die Stromrinne springt nach je 0,8—1 km von einem Ufer zum anderen über, und die Kiesbänke liegen oft nur 1 m unter Niederwasser. Dasselbe Bild zeigt die in Bogenwindungen regulierte Isar. Der Strom ist nach Weg und Tiefe noch immer sehr veränderlich, und besonders sind nach jedem Hochwasser die Bänke und damit der ganze Lauf des Flusses verschoben. Die Geradelegungen und Durchstiche sind ohne Zweifel der Rheinebene zu gute gekommen, die weniger unter Überschwemmungen zu leiden und gutes Land gewonnen hat. Der Verkehr verlangt heute eine durchgängige und wenig veränderliche Wasserhöhe von 3 m. Diese herzustellen und zu erhalten wird wahrscheinlich in einem naturähnlichen, breiteren Bette mit flach geböschten Ufern möglich sein, wodurch die Strombewegung nicht so rasch und schroff abgelenkt und die Geschiebebewegung stetiger werden würde. Auch der neue Weichseldurchstich bis zur Ostsee, der 1895 vollendet wurde, ist nicht geradlinig, sondern nach Westen konvex angelegt, um den Stromstrich und damit das dauernde Tiefwasser links zu halten.

Jede Geradelegung hat eine Vertiefung des Bettes zur Folge. Der Mittelwasserspiegel der Isar z. B. hat sich von 1847—84 um 4,5 m gesenkt. Die Kander, die 1714 wegen ihrer Verwüstungen direkt in den Thuner See abgeleitet wurde, hat an der Stelle, wo ihre Ableitung beginnt, ihr Bett 45 m vertieft, und die Vertiefung ist 9 km aufwärts zu verfolgen. So wandert jede Tieferlegung, aber auch jede Erhöhung des Bettes vom Unterlaufe aufwärts; ja, die Geradelegung des Lech bei Schwabstadel hat sogar bis in die Wertach hinauf den Wasserspiegel gesenkt. In trockenen Ländern, wie in Ägypten, bedeutet das ein Sinken der Höhe, bis zu der hinauf Ackerbau durch künstlich gehobenes Wasser betrieben werden kann.

Die Flußnamen.

Jeder Fluß hat seine Artmerkmale, die zugleich Artunterschiede gegenüber anderen Flüssen sind. Auf den ersten Blick sind viele Flußläufe einander so ähnlich, daß man verzweifelt, in ihnen etwas anderes als Wasserrinnen ohne Individualität zu sehen. Wir sehen wohl die großen Unterschiede der Wassermenge, der Farbe, der Größe, des Falles; aber liegt nicht darüber hinaus die Übereinstimmung der „Wasserrinne“? Ein Beispiel: wir finden am Rhein zwischen Philippsburg und Stockheim zahlreiche schleifenförmige Bogen, die durchschnittlich einen Krümmungshalbmesser von 1200 m haben. In derselben Gegend haben auch alte Rheinbogen dasselbe Maß. Diese Größe ist also ein Merkmal des Rheines in diesem Abschnitt. Nun liegen alte Bogen des Neckars von einem früher bis gegen Mainz gerichteten Lauf im Rheinthal, die enger sind und dichter aufeinanderfolgen. Zusammen mit dem Schutt aus Buntsandstein und Muschelkalk, in den sie gegraben sind, verkünden sie uns einen alten Neckarlauf, der unabhängig vom Rhein auf dessen rechter Seite floß, so wie etwa heute die Ill oberhalb Straßburg auf dessen linker. Hier sehen wir also ganz ähnliche Bildungen in eigentümlicher Weise durch Unterschiede der Wassermasse, des Bodens, der Schwemmstoffe u. a. abgewandelt. So groß die Zahl der Alpenzuflüsse der Donau auch ist, sicherlich hat jeder sein besonderes Gepräge. Iller, Lech, Isar und Inn sind wohl in einzelnen Abschnitten ungemein ähnlich, aber wer vermöchte sie im ganzen zu verwechseln? Sogar abschnittweise wäre es z. B. dem nicht möglich, der auch nur die Größe ihrer Wassermassen auseinanderzuhalten weiß. Wie verschieden sind selbst in der Farbe benachbarte Alpenbäche. Das mittlere Karwendelgebiet entsendet aus schmalen Thälern, in denen hochgelegene, quernischenähnliche Kahre (s. Bd. I, S. 607, und Karte bei S. 608) die Thalzweige vertreten, lange gerade Bäche mit ganz kurzen, wildbachartigen Zuflüssen, welche kurzgefiederten Blättern zu vergleichen sind. Wer nun, der einmal im Gleiersch- oder Karwendelthal wanderte, kennt nicht die Besonderheit jedes einzelnen von diesen Bergbächen?

In der Namengebung der Flüsse, die eine wichtige Sache für die Geographie ist, liegt für uns nicht darum etwa eine Steigerung dieser Individualisierung, weil die Namen diese Besonderheiten aussprächen. Das ist vielmehr so wenig der Fall, daß über ganze Sprachgebiete hin die einfachen Worte für Wasser, Rauschen, Glänzen Flußnamen sind, denen nur die örtlichen dialektischen Abweichungen besondere Merkmale verliehen, wie Aa, Aar, Ach, Acher, Isar, Eisack, Iser, Isère, Inn, Önus, Jenbach u. s. w. Die Flußnamen steigern für uns die Besonderheit der Flüsse dadurch, daß sie das ethnische und menschliche Sondergeschick jedes einzelnen andeuten, das zu den physikalischen Merkmalen noch geschichtliche im weitesten Sinne des Wortes fügt. Welcher schöne Doppelklang im Namen Rhein: das Rauschen des hellgrünen, frischen, mächtigen Wassers und darüber das leise Tönen des Singens und Sagens vom eindrucksvollsten, geschichtlich bedeutendsten Flusse der Westhälfte Europas! Daher liegt auch die praktische Wichtigkeit der Flußnamen im Studium der Geographie nicht bloß darin, daß die Flüsse Leitlinien der Erinnerung bilden, und daß das Flußnetz die Einförmigkeit der Länder gliedert, sondern darin, daß jeder Flußname uns eine Fülle von geographischen Vorstellungen zum Bewußtsein bringt, die sich gleichsam um ihn kristallisieren. Und hat nicht jeder Name wieder seine Geschichte, so gut wie der Fluß selbst? Die Geschichte der Flußnamen ist die Geschichte unserer Kenntnis von den Flüssen. So wie diese sich ausbreitet, werden jene umfassender und bestimmter. Aus den drei Stromteilen Amazonas, Solimões und Marañon ist der Amazonenstrom geworden, d. h. der Name des Unterlaufes hat sich über das ganze mächtige System verbreitet

in dem Maße, als der Zusammenhang seiner Glieder bekannt wurde. In Äquatorialafrika lagen bis vor 25 Jahren zahllose Flußnamen unvermittelt nebeneinander, wie Kongo, Kassai, Kwa, Uëlle, Lualaba, Lukuga u. s. w. Die Erforschung des Kongo hat ihnen ihre Stelle im Zusammenhang gewiesen, und damit ist der Name Kongo heute bis in den äußersten Südosten gewandert, wo die Kongo-Sambesi-Wasserscheide zieht.

Flußlandschaften.

Im Fluß kommt die Beweglichkeit und Arbeit des Wassers zur Geltung. Die Bewegung kann so gering sein wie bei Karstflüssen, von denen einmal Noé sagt: „Es ist, als ob die Geister

Eine abgeschnittene Flußschlinge im Connecticut-Thal, Massachussets. Nach Ralph S. Tarr. Vgl. Text, S. 149.

der Karstflüsse auch bei Tage schliefen, so träg und trübgrün schleichen sie dahin." Und sie kann auf der anderen Seite das Wasser von der Erde losreißen und im Wasserfall es in Wolken von Staub verwandeln wollen. Dabei nun die größten Gegensätze in demselben Lauf: Ein reißender Bach stürzt uns entgegen, kaum finden wir Raum in der Schlucht, die er gerissen hat; da plötzlich ändert sich das Bild, ein flacher Thalboden, ein langsam sich dahinschlängelndes Wässerchen, wir glauben an seiner Mündung zu stehen.

Die Uferformen eines Flusses zeigen die Folgen seiner energisch thätigen Arbeit. Das rauschende Fließen, das Anprallen und Zurückschäumen, das Wandern der Wirbel von Biegung zu Biegung, das Schwanken der Schilfhalme bei der Berührung mit den Wellen sind vorübergehende Symptome. Stärker ist im Grunde die Sprache der Kurven der Uferlinie, der langgestreckten Kiesbänke und der spitzen Anschwemmungshalbinseln. Aber unmißverständlich bekundet sich die Kraft des Flusses beim Hochwasser, wo das Feste unterlegen, das Flüssige zur

Herrschaft gelangt ist und über den seichten See der verderblichen Ausbreitung nur die Hügel, die Wipfel der Bäume, die hochgelegenen Siedelungen noch vereinzelt hervorragen.

Die Bewegung eines Flusses zeichnet sich in seinen Bogenlinien (s. die Abbildung, S. 148) ab. Wir folgen ihrem Zurückweichen und Vordringen und lassen uns gern in diesen schönen Windungen bis an den Horizont hinausführen, wo der Fluß in einem leuchtenden Punkte endigt. Ein geradliniger Flußabschnitt hat daher immer etwas Gezwungenes, Unnatürliches.

Tomsk am Tom, Sibirien. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 150.

Dabei sind es grundverschiedene Eindrücke, je nachdem man auf dem Niveau des Flusses weilt oder von oben hineinschaut. Dort öffnet jede Biegung eines Flusses oder Sees eine freie Aussicht, schafft gleichsam ein Thor, und das Wasser liegt seeartig breit vor uns. Überraschend ist auch das Fließen eines Wassers auf einen Höhenzug hin, dessen Einschnitt uns durch eine Verschiebung verborgen ist, so daß wir an ein unterirdisches Durchwühlen denken müssen. Der Gegensatz der Höhen, die uns umtürmen, und dieser glatten Bahn ist in mittleren wie hohen Gebirgen höchst wirksam. An das Wohlthuende des Wasserspiegels in Berg- oder Waldumschließung erinnert uns die Wirkung eines Flusses, der eine Stadt durchfließt. Die großen Bogen des Tiber gehören zur Größe des Blickes auf Rom. Aber dazu gehören auch die Brücken, aus denen

das darunter fließende Wasser zu den Menschen zu sprechen scheint: Seht, wozu ich euch zwinge. Es fließt fröhlich unter diesen Bogen weiter, die ihm kein Joch bedeuten. Welchen Reiz verleiht den Straßenbildern der Städte der überbrückte oder als Kanal hindurchgeleitete Fluß. Was bedeutet selbst die Spree für Berlin! Es ist ein sehr großer Unterschied, ob ein Flüßchen in der Stadt verschwindet, wie die Pleiße in Leipzig, oder so recht an die Stadt herangeführt wird, wie die Ocker in Braunschweig. Und nun der Aufbau der Stadt an oder über der bewegten Fläche (vgl. die Abbildung, S. 149)! Wenn man Kiew die schönste Stadt Rußlands nennt, geschieht dies größtenteils doch der Lage dieses „Klein-Moskau" auf 80 m hohen Felsenufern über dem Dnjepr zuliebe. Was sind 80 m Höhenunterschied in anderen Gegenden? Aber über einem Strom, breiter als der Rhein bei Köln, ist die türmereiche Stadt einzig in ihrer Art.

Die Lorelei bei Sankt Goar am Rhein. Nach Photographie.

Im Mittelgebirge ist selten ein Thal so tief und steil, daß man nicht bis auf seinen Grund sähe. Daher tritt das von oben gesehene Wasser fast immer im Bilde hervor, und man verfolgt seine Windungen, die dazu beitragen, unseren Blick fortzuleiten, fortzuziehen. Im Hochgebirge dagegen schließen die hohen Wände die Thäler ab, und wenn nicht die leuchtenden Schilder der Seen wären, sähe man in manchem Fernblick wenig flüssiges Wasser. Darin liegt ein Vorzug der Mittelgebirgs- und Hügellandsbilder, dessen sich die bewußt werden sollten, die geneigt sind, die Alpen landschaftlich über alles zu stellen.

In weichem Boden arbeitet sich der Bach bis auf einen härteren Grund durch, den er bloßlegt, und in seinem Bett liegen dann Gesteine, von denen die Bodendecke nichts verrät. So zeigt vor allem der helle, harte, kiesbestreute Boden des raschen Moorbächleins den Einschnitt bis auf den Untergrund des weichen Moores. Je mehr die Flüsse durch mitgerissenen Schutt in der Regel getrübt sind, desto wohlthuender berührt uns die Klarheit der Bäche, die über Felsen springen, der langsamen, dunkeln Wald- und Moorgewässer, der in starken Quellen unmittelbar aus der Erde hervorbrechenden und der aus der Gletscher- und Schneeschmelze entstehenden.

Diese sind zwar oft im Anfang trübe, aber zur Schönheit des Gebirges gehört die rasche Klärung seiner Gewässer. In der Tiefe lagern sich Sand und Schlamm ab, in den Höhen entstehen immer neue Wassermassen, die sich zu Firn- und Eismassen schichten, aus deren kristallklaren Lagern sich die Abflüsse der Alpen nähren. Man sieht hier Farben wie nie im Tieflande, und zwar auch bei den Flüssen. Außer im Meere und in Seen, wo die Menge des Wassers zu groß ist, um nicht das Recht ihrer eigenen Natur, der ihr eigenen Klarheit und Farbe zu haben, treten uns nur dort die Eigenschaften des reinen Wassers ganz ungetrübt entgegen. Ein großer Bergfluß von so reinem Türkis-Blaugrün, wie der Isonzo selbst nahe seiner Mündung, z. B. bei Gradisca, wirkt auf den Betrachter viel ergreifender als ein entsprechend grüner oder blauer See. Denn wir sind schon gewöhnt, mit dem in Masse sich bewegenden Wasser schlammige Trübheit verbunden zu denken.

Der Yosemitefall in Kalifornien. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 152.

Das bewegliche Wasser ist der Bote, der Nachrichten von oben nach unten trägt, vom Gebirg' hinab ins Thal und vom Lande hinaus ins Meer. Jeder Gebirgsbach flößt Pflanzenkeime ins Flachland hinaus, und so hat das Isarthal selbst bei München eine Menge von Alpenpflanzen. Die Reinheit und die lichten Farben des Wassers sind auch Botschaften aus der Höhe, wo es aus Gletscherthoren oder mindestens aus Firnflecken entsprungen ist. Wer gar aus den feuchtwarmen Wäldern Assams an den Brahmaputra tritt, den erinnert der kühle Hauch des den Mississippi an Breite übertreffenden Stromes, daß er den Abfluß der Gletscher vor sich hat. Aber merkwürdig und folgenreich vor allem ist die Verbindung, die in trockenen Ländern der wie ein Fremdling aus dem Gebirge herabsteigende Bach mit den Ebenen am Fuße eingeht. Da rauscht das Bergwasser quellenhaft darüberhin, von einer Kraft getrieben, die ferne ist, befeuchtet, erfrischt, kühlt, befruchtet, schafft ganze lebensreiche Oasen. Hier sieht man die lebenspendende Kraft des Wassers in ihrer größten Leistung.

Im Wasserfall (s. die Abbildungen, S. 151 bis 153) löst sich die ganze Masse eines Flusses von der Erde los, stürzt oder weht durch die Luft und zersprüht in Wasserstaub; der Fluß verliert mit dem Zusammenhang die Farbe, wird milchweiß, undurchsichtig. Er stürzt als Masse, fliegt als Regen, schwebt als Wolke, die ununterbrochen sich bildet und vergeht. Die Auflösung des Zusammenhanges geht so weit, daß der Fluß wie ein Schleier hinausweht, doch können auch darin Strähnen zusammenhängenden Wassers übrigbleiben, die grünlich aus dem Weiß hervorleuchten, und es liegt gerade in dem Verhältnis der aufgelösten und zusammenhängenden Wassermassen der Grund unzähliger Variationen über das Thema des Wasserfalles. Das Weiß der

Die Murchison-Fälle des Victoria-Nils. Nach C. F. S. Vandeleur.

Wasserfälle wiederholt dabei auf tieferer Stufe des Gebirges das des Schnees; wo die Reservoirs der Gletscher und Firnflecke fehlen, sind auch die weißen Sturzbäche und Wasserfälle selten.

Die Wasserfälle sind schmal in den Hochgebirgen, wie die Bäche, von denen sie gebildet werden; breite Wasserfälle sind dagegen nur im tieferen und flacheren Lande möglich, wo das Wasser aufgestaut wird. Der größte Wasserfall ist, nach der Masse des Wassers gerechnet, der Niagarafall (s. oben, S. 93, und Tafel daselbst). Die Wassermasse des Niagarafalles ist überschätzt worden, aber sie beträgt jedenfalls das Drei- bis Vierfache der Wassermasse, die der Rhein über die deutsche Grenze führt. Er ist breit und mächtig, aber der Eindruck ist nicht in dem Maße groß, wie die stürzenden Massen erwarten lassen. Es ist doch nur eine gewaltige Brandung, die in einen wirbelnden, tosenden Sturzbach übergeht.

Wasserfälle sind Effekt- und Schaustücke der Natur, die jeden Blick fesseln, die selbst dem Wilden und dem Kinde imponieren. Aber es ist zu viel Bewegung darin, sie ermüden uns, wir sehen uns satt daran. In dieser ewigen starken Bewegung, die weiter keinen Zweck und keine

Folge hat, liegt etwas, das uns an Maschinen erinnert. Unser Interesse wird rasch erweckt und rasch abgestumpft. Im 17. Jahrhundert sind die Wasserfälle von Tivoli außerordentlich viel gemalt worden. Freilich liegt in der Vorliebe für diese Wasserfälle auch noch die Hinneigung zum Sonderbaren der Travertingebilde, der üppigen Vegetation und der Verbindung des Ganzen mit den Resten der Antike. Aber auch sonst sind die Wasserfälle in einer Zeit, wo das Naturgefühl das Sonderbare mit Vorliebe suchte und eine Art von Kuriositätenliebhaberei pflog, über Gebühr gefeiert worden. Wir glühen heute nicht mehr für den Gießbach,

Der Theotoniofall des Madeira, Südamerika. Nach J. Keller-Leuzinger. Vgl. Text, S. 152.

besonders nicht bei elektrischer Beleuchtung, und fragen uns erstaunt, wie seine kleinere Ausgabe, die Fälle von Lodore im englischen Seenland, die nur nach längerem Regen einigen Eindruck machen, Southey zu seinen enthusiastischen Gedichten begeistern konnten.

7. Die Seen.

A. Die geographische Bedeutung der Seen.

Inhalt: Was ist ein See? — Die Größe der Seen und ihrer Gebiete. — Die Tiefe der Seen. — Das Seebecken. — Der Seeboden. — Wellen und Strömungen. — Seenschwankungen (Seiches). — Der Wasserstand.

Was ist ein See?

Ein See ist eine größere Wassermasse, die dauernd in einem natürlichen abgeschlossenen Becken ruht oder langsam fließt und keine kurze, unmittelbare Verbindung mit dem Meere hat.

Der Sprachgebrauch nennt manches See, was nicht ganz zu dieser Erklärung stimmt. Künstliche Seen, die man sonst Teiche heißt, Regenseen, die auf kurze Zeit des Jahres durch starke Niederschläge entstehen, einige Zeit trocken liegen und die längste Zeit Sumpf sind, mit dem Meere verbundene Haffe oder Lagunen, Quellbecken oder Wasserlöcher, Tümpel im Grunde von Höhlen: alles das wird See genannt. Besonders wird die Grenze nach dem Meere zu nicht scharf gezogen. In der seenreichen Landschaft der Odermündungen ist der Name See ebensowohl den wirklichen, ganz umschlossenen Seen wie auch den Buchten der Haffe beigelegt, gerade wie an den Küsten Italiens und Dalmatiens Lago und Laguna nicht streng auseinandergehalten werden. Aber gerade für den Geographen ist die Abgesondertheit der Seen vom Meer ihr wesentlichstes Merkmal. Wir haben Wasser im Meer und Wasser außer und über dem Meer unterschieden, das sind Wässer von sehr verschiedener Art, und die Seen gehören zu dem letzteren.

Der See von Giens. Nach R. Credner. Vgl. nebenstehenden Text und S. 161.

Nicht immer ist freilich die Grenze leicht zu bestimmen, welche die Seen von den Meereslagunen trennt. Man muß sich dabei nicht von herkömmlichen Benennungen beirren lassen. Die Haffe der Ostsee sind halb geschlossene Meeresbuchten, aber das Stettiner Haff ist in jedem Sinn als See aufzufassen, da es eine Süßwasseransammlung ist, eine Erweiterung der Oder in demselben Sinne, wie der Bodensee eine Erweiterung des Rheines darstellt, wenn auch dem Meere nähergerückt. An allen flachen Gestaden gibt es Küstenseen (s. nebenstehendes Kärtchen) und Brüche ohne sichtbaren Abfluß. Man schließt auf tiefe Verbindungen mit dem Meer aus der Thatsache ihres Falles bei ablandigen Winden, die den Spiegel der Ostsee herunterdrücken, und aus der Austrocknung der Küstenmoore bei dauernden derartigen Bewegungen. Den Abfluß aus Küstenseen zum Meer erleichtert der Hochstand des leichteren Süßwassers über dem schwereren Meerwasser. In Gezeitenmeeren findet Zu- und Abflut wie in Flußästuarien statt. In Schottland ist Loch Etive ein salziger See, in den bei Flut das Wasser über eine Schwelle hineingetrieben wird, und aus dem bei Ebbe das Wasser in heftigem Strome stromschnellenartig bei den Falls of Lora sich ergießt. Aber auch die Ostsee fließt bei Hochwasser in den 2 qkm großen Eiersberger See bei Horst ein; der See liegt 1 m über mittlerem Ostseespiegel, während für gewöhnlich ein Abfluß, die Liebelose, den See nach der Ostsee entleert. Dieser Abfluß versandet leicht und muß künstlich offen gehalten werden. Scheinbar ganz abflußlos liegt auf der kleinen Insel Kildin vor der Küste von Kola ein See, der trotzdem Spuren von Gezeiten und am Boden Salzwasser hat, während seine Oberfläche Süßwasser ist.

Das Verhältnis der Seen zu den nächstgelegenen Meeren läßt oft eine tiefere Verwandtschaft in der Gestalt, Tiefe und Lage der Senken erkennen, in denen beide stehen, so daß es uns nur noch wie ein mehr oberflächlicher Unterschied anmutet, wenn wir in dem einen See Süßwasser und in dem anderen Salzwasser finden. Die Formen aber sind nicht bloß in den Umrissen und Profilen dieselben, sondern auch die Anordnung der Seenbecken folgt in vielen Fällen den Richtungen, die im nahen Meere vorwalten, wie uns schon die Betrachtung der Küsten gezeigt hat (s. Bd. I, S. 438). Sind solche Verwandtschaften an den südschwedischen und finnischen Seen erstaunlich, wenn Süßwasserablagerungen an den Rändern und zum Teil unter dem Spiegel der Ostsee beweisen, daß diese einst selbst süßes Wasser führte? Auch der Pontus war bei verhältnismäßig geringer Hebung des Wasserspiegels ein See, der Bosporus dessen Abfluß.

Flüsse und Seen mit Abfluß sind nicht voneinander zu trennen. Sie hängen beide von derselben klimatischen Bedingung dauernder und ausgiebiger Niederschläge ab und sind

entwickelungsgeschichtlich aufs engste verbunden; denn unzählige Flüsse fließen über alte Seenbecken hin, und viele Seen würden zu einfachen Flüssen herabsinken, wenn irgend eine stauende Bodenwelle durchbrochen würde. Der Achse des Sees folgt dann der Fluß, und die Tiefen des Sees liegen in derselben Richtung wie die tiefsten Stellen der Flußrinne; vergleiche den Zusammenhang des Jordans mit dem Toten Meere. Es gibt daher auch keinen größeren Fluß, der nicht aus Seen entspränge, Seen durchflösse oder in Seen oder neben Seen mündete. In fluß- und seenreichen Ländern sind Flüsse und Seen gar nicht auseinanderzuhalten. Finnlands Seen erscheinen uns wie Flüsse, die noch nicht fertig geworden sind, und seine Flüsse sind oft

Die Mündung des Flusses Futaleufu in den See Yelcho, Patagonien. Nach Photographie von Paul Krüger, Konitz.

nur Ketten von Seen. Und selbst in größeren Seen, die ruhig in ihren breiten Becken zu stehen scheinen, fühlen wir den leisen Druck der Strömung, die kaum merklich vom Einfluß zum Abfluß zieht. Die Stellung der Seen in und zu den Flußsystemen ist aber sehr verschieden und deutet auf einen gewissen Gegensatz hin. Warum liegen die nördlichen Vorlandseen der Alpen in der Regel neben den Thälern der Hauptflüsse? Lech, Isar und Inn fließen an den Seen vorüber und empfangen deren Zufuhr durch Nebenflüsse, die zum Teile ganz unbedeutend sind. Der Grund liegt darin, daß die Arbeit des Wassers eines großen Flusses die Seen entweder längst ausgefüllt oder tiefer gelegt, jedenfalls zu Flußrinnen zusammengezogen haben würde.

So mannigfaltig die Eigenschaften der Seen sind, so gibt es doch nur zwei Grundeigenschaften, die jeder Versuch, natürliche Gruppen von Seen abzusondern, berücksichtigen muß: Abfluß und Zufluß. Das hatte schon Varenius erkannt, als er 1649 die Seen einteilte, je nachdem sie Zu- und Abfluß haben oder nicht. Auch wir können nur zwei große natürliche

Seengruppen unterscheiden: Seen mit Abfluß und Seen ohne Abfluß, Abflußseen und abflußlose Seen. Varenius hatte auch die Abflußseen, die keinen (sichtbaren) Zufluß haben, von den Seen gesondert, die Zu- und Abfluß haben; das ist aber ein ganz nebensächliches Motiv, denn viele Seen haben verborgene Zuflüsse und Abflüsse und unterscheiden sich dabei in keiner Weise von jenen, deren Zu- oder Abflüsse offen liegen. Der Hallstätter See hat zahlreiche Zuflüsse, die als Quellen am Boden des Sees entspringen oder über ihm hervortreten und unter Schutt ihm zufließen. Für die Natur der Seen entscheidend ist es vielmehr, ob sie in einen Wasserlauf eingeschaltet sind, sei es ein ober- oder ein unterirdischer, oder ob sie den Abschluß eines Wasserlaufes bilden.

Demnach unterscheiden wir Flußseen oder Abflußseen und Endseen oder abflußlose Seen. Eine eigentümliche Abart der Abflußseen sind die Seen, die mehrere Abflüsse nach verschiedenen Richtungen abgeben. Solche Seen findet man an Küsten, auf Wasserscheiden in neutraler Lage und in den großen Flußgeflechten von Landschaften mit unbestimmtem Gefälle, wie in Finnland und Labrador (s. die nebenstehende Karte und die Karte der Mississippiquelle, S. 104). Auch von Seen mit periodischem Abflusse werden wir zu sprechen haben, die also bald Abflußseen und bald abflußlose sind. Es gibt Seen, deren Zuflüsse unbedeutend sind, deren Spiegel aber zugleich von den Niederschlägen unabhängige Schwankungen zeigt. Das Grundwasser ist es, das in ihnen an die Oberfläche tritt; solche Seen sind „die sichtbaren Registratoren der großen unterirdischen Wasserzirkulation" (Ule). Im großen Plöner See z. B. folgt der Wasserstand dem Niederschlag in der Entfernung eines vollen Monates. Die Juniregen kommen im Wasserstande des Juli, die September- und Dezemberregen im Wasserstande des Oktober und Januar zum Vorschein. Der kleine Ursee im Schwarzwälder Haslachthale, der 200 m im Umfange mißt, bei nur 4—5 m Tiefe im Sommer nicht austrocknet und im Winter fast nie zufriert, ist offenbar ein reiner Grundwasser- oder Quellsee. Gewöhnlich erkennt man solche Seen schon an der großen Klarheit und der reinen grünen oder grünlichblauen Farbe ihres quellhaft kühlen Wassers. Der Steingrünsee in Oberbayern, dessen Bild wir beigeben, ist von dieser Art.

Strandriffseen in Süd-Florida. Nach R. Credner.

Die Größe der Seen und ihrer Gebiete.

Die Größe der Seen hat nach untenhin keine sichere Grenze, denn es gibt Seen von jeglicher Kleinheit bis zu den Teichen und Tümpeln, die wir nur noch Seen nennen, weil sie nicht von künstlicher Entstehung sind oder weil sie in der Nähe von größeren Seen liegen, mit

DER STEINGRÜNSEE IN OBERBAYERN.

Nach Aquarell von *Krabbes*.

denen sie durch alle Abstufungen verbunden sind. Dagegen sind der Größe der Seen nach oben scharfe Grenzen gezogen, denn über den Kaspischen See, der 438,700 qkm mißt, geht keiner hinaus: die aus fünf zusammenhängenden Seen bestehende größte Süßwasserfläche der Erde, die sogenannten Kanadischen Seen: der Obere, Huronen-, Michigan-, Erie- und Ontariosee, messen 230,000 qkm, der Ukerewe 75,000, der Tanganyika 35,000, der Baikal, nur wenig kleiner, 34,200; der Eriesee sinkt unter 30,000, der Ladoga, der größte europäische, mißt etwas über 18,000 qkm. Unter den Seen Schwedens hat der Wetter 1965 qkm. Unbedingt herrschen die kleineren Seen vor.

Mitteleuropa hat keinen See, dessen Fläche 1000 qkm überschritte; der Plattensee hat 990, der Genfer See 582, der Bodensee 528, der Langensee 215, der Gardasee 143, der Müritzsee 133, der Mauersee 105, der Chiemsee 85, der Würmsee 57 qkm. In Frankreich folgt auf den Genfer See gleich der Lac de Bourget mit 45 qkm. Man sieht', wie rasch die Größe unterhalb der wenigen mittelgroßen sich auf die kleinen Dimensionen zusammenzieht, bis wir bei den 1 qkm und weniger messenden Kleinseen ankommen, die der Schmuck unserer großer Seen ganz entbehrenden Mittelgebirge sind: die Koppenteiche des Riesengebirges messen 6,5 und 2,9 Hektaren. Die Zahl der kleinen Hochseen der Alpen wird auf 5000 geschätzt.

So ist denn auch die Gesamtfläche, welche die Seen einnehmen, verhältnismäßig gering. Sie kann in runder Summe auf 2 Millionen qkm geschätzt werden, also nur etwa zwei Drittel der Oberfläche des Mittelmeeres. Daher nimmt auch die gesamte Seenfläche eines seenreichen Landes, wie der Vereinigten Staaten von Amerika, nicht mehr als 1⅓, die Rußlands (in Europa) nicht mehr als 2⅕, die Schwedens 8 Prozent ein. Man sieht also, daß die Größe und Verteilung der Seen der Verteilung des Süßwassers überhaupt vollständig entspricht, dessen Merkmal die Zersplitterung ist. Die Größenunterschiede der Seen sind nicht äußerlich. Je größer, desto dauernder ist der See.

Es kann nicht anders sein, als daß in den Seebecken Änderungen des Wasserstandes erhebliche Gestaltveränderungen hervorbringen. Das Steigen des Sees vergrößert den Seespiegel, bedeckt Uferstrecken und niedere Inseln; das Sinken des Sees verkleinert ihn, läßt beide hervortreten. Der Chiemsee ist bei Hochwasserstand 95, bei Niederwasser 81 qkm groß. Als sich der Plattensee von einem Tiefstande um 1865 zu einem Höchststande 1879 erhob, der fast 2 m größer war, wuchs seine Oberfläche nahezu auf das Doppelte. Darin liegt die Ursache der so vielfach schwankenden Flächenangabe für die Größe der Seeoberfläche, daß man bei Ausmessungen die Unterschiede des Wasserstandes nicht beachtet.

Die Größe des Einzugsgebietes (Zuflußgebietes) bestimmt unter gleichen klimatischen Bedingungen die dem See zufließende Wassermasse. Sie übt außerdem Einflüsse auf die Schwankungen, die Wärme, die chemische Zusammensetzung und das Leben des Sees. Im allgemeinen sind die Einzugsgebiete der Abflußseen gering, die Wasserscheide liegt oft nur wenige Meter vom Rande des Sees. So ist z. B. das Rhônegebiet über dem Genfer See 7500 qkm, das Zuflußgebiet des Würmsees oder Starnberger Sees 240 qkm, des Wörther Sees in Kärnten samt der Seefläche 147 qkm groß, und das ganze Zuflußgebiet der fünf großen Seen Nordamerikas übertrifft nur um 0,82 die Seefläche. Die Endseen, die naturgemäß die ganze Wassermenge der in ihr Gebiet fallenden Flüsse empfangen, stehen ebendarum an Größe des Einzugsgebietes hoch über den Abflußseen, denn sie verhalten sich zu ihren Zuflüssen wie kleine Meere. Mit der Entstehungsweise der Seen hängt die Größe ihrer Gebiete zusammen. Einbruchsseen haben immer kleine Gebiete. Das Einzugsgebiet aller innerafrikanischen Seen, mit einziger Ausnahme des Tsadsees, ist so beschränkt, daß selbst den Ukerewe die Grenze seines Gebietes eng umrandet. Daher auch die Abhängigkeit dieser Seen von den örtlichen Niederschlägen und der Verdunstung.

Nur kleine Hochgebirgs- und Einsturzseen sowie Kraterseen haben überhaupt keine Zuflüsse und damit auch kein meßbares Einzugsgebiet; sie empfangen ihr Wasser durch Regen, Quellen oder reichen bis auf das Grundwasser hinab. Auf unterirdische Kanäle zwischen Meeren, Meeresteilen und Seen verzichtet die neuere Geographie ganz. Aber noch Pallas sprach von „unterirdischen Kanälen des Schwarzen Meeres, welche vielleicht durch Asien und Europa laufen".

Bei den Endseen ist die Lage zum Einzugsgebiete gegeben, bei den Abflußseen kann sie alle Höhen- und Entwickelungsstufen des Flußsystems einnehmen. Wir finden Seen, welche die ersten Quellen eines Flusses sammeln, Seen im Mittellauf und Seen im Unterlauf. Manche Seen liegen fast zentral zu Zuflüssen, die von allen Seiten in nicht sehr verschiedener Größe kommen, wie der Ukerewe, andere an einem Rande eines Einzugsgebietes. Der Genfer See ist ein vortreffliches Beispiel eines Sees, dessen beträchtlichere Zuflüsse alle von einer Seite her, nämlich der südlichen, kommen. Er bildet den nördlichsten Teil und die tiefste Einsenkung eines hydrographischen Systems, dessen Wurzeln bis auf den Kamm der Penninischen Alpen reichen. Häufig ist so das Sammelbecken an den äußersten Rand eines hydrographischen Systems hinausgeschoben. Es gibt auch Seen, die einem Flußsystem nur angegliedert sind, indem sie nicht in ihrer ganzen Länge durchflossen, sondern mehr nur berührt werden. Dazu gehört der Michigansee. Unter unseren deutschen Seen ist der Kochelsee ein kleines, gutes Beispiel, denn er erscheint nur wie eine seitliche Erweiterung der Loisach.

Der Nil fließt von Osten in die nordöstliche Ecke des Albertsees und fließt nach Norden wieder heraus. Baker, der den Albertsee mindestens dreimal so groß schätzte, als er ist, hatte ihn einfach als Nilquelle angesprochen. Spätere, wie Gessi, Mason und Emin Pascha, welche ihn für ein zuflußarmes, besonders im Süden geschlossenes Becken hielten, dachten eher an Zufluß aus dem Nil bei überwiegender Verdunstung und waren geneigt, eine Art Hinterwasser, ein Nebenbecken des Nils in diesem See zu sehen. Es liegt auf der Hand, daß der Albertsee dem Nil eine nicht unbedeutende Wassermenge zuführt, die an der Größe seines eigenen größten Zuflusses, des Semliki, gemessen werden kann. Dieser Zufluß wird aber mit dem Hochstande des Nils wechseln.

Die Tiefe der Seen.

Die Tiefen der Seen spiegeln die Geringfügigkeit der Höhen- und Tiefenunterschiede der Erdoberfläche wider. Alle Seen stehen in verhältnismäßig flachen Becken, und weitaus die größte Zahl ist sehr seicht. Der tiefste See, der Baikalsee, erreicht mit über 2000 m (früher gab man 1373 m an) doch immer nur ein Viertel der größten Meerestiefe. Und diese Tiefe steht ganz allein. Dem Nyassa werden neuerdings gegen 900 m zugeschrieben. Die tiefsten Alpenseen sind nur ein Fünftel so tief. Die Großen Seen Nordamerikas sind wenig tief im Vergleich zum Flächenraume, den sie bedecken. Der Huronensee hat bei 62,000 qkm Oberfläche 274 m Tiefe und der Eriesee bei 26,000 qkm 62 m Tiefe. Die Tiefen der die Seen verbindenden kurzen Flußstrecken schwanken zwischen 18 und 8 m, nur in der Mackinakstraße wird eine größte Tiefe von 61 m angegeben. Die mittlere Tiefe läßt diese Eigenschaft durch ihren Abstand von der größten Tiefe noch deutlicher hervortreten; sie ist beim Züricher See nur 31 Prozent, beim Bodensee 36 Prozent, beim Gardasee 39 Prozent, beim Würmsee 45 Prozent, beim Genfer See 50 Prozent der größten Tiefe. Nur im Verhältnisse zur Oberfläche sind manche Seen tief zu nennen. Wenn Seen von einigen hundert Quadratmetern 70—80 m tief sind, begreift man die Vorstellung von ihrer Unergründlichkeit. Der kleine Lac Bleu in den Pyrenäen, der 116 m tief ist, das Meerauge in den Karpathen, das 77 m tief ist, sind Beispiele dafür.

Im allgemeinen sind große Seen tiefer als kleine. Die beiden größten Seen Frankreichs, der Genfer See und der Lac de Bourget, sind mit 310 m und 145 m auch die tiefsten; nur darum sind auch tiefergelegene Seen tiefer als hochgelegene, dies besonders in den Gebirgen. Mit stärkeren Bodenformen treten in der Regel auch tiefere Seen auf, wogegen in flachen und welligen Ländern seichte Seen liegen. Unter den Seen des baltischen Seenhügellandes sind im allgemeinen die flußartigen schmalen Seen tiefer als die Flächenseen; die Tiefe nimmt mit der Flächengröße der Seen im allgemeinen ab (vgl. nebenstehendes Kärtchen). Die von Moorbrüchen umgebenen Seen sind dort vielfach sehr tief und die höher gelegenen Seen verhältnismäßig am tiefsten. Während in einander nahegelegenen Seen und in Gliedern einer und derselben Seengruppe die Tiefe des Bodens sehr verschieden sein kann, findet man oft merkwürdige Ähnlichkeiten unter Nachbarseen. So liegt die tiefste Stelle des Würmsees 461 m, des Ammersees 455 m, des Chiemsees 445 m über dem Meere. Der Spiegel des Würmsees liegt 586 m, des Ammersees 534 m, des Chiemsees 518 m hoch. Häufig kommen sehr verschiedene Tiefen in den natürlichen Abschnitten eines und desselben Seebeckens vor. Besonders oft sondert die Tiefen- und Umrißgliederung mancher Seen einen tiefen Hauptsee von einem seichten Nebensee (s. die Karte, S. 163). So zerfällt der Gardasee in einen sehr tiefen, schmalen Nordsee und ein verhältnismäßig seichtes

Tiefenkarte des Loewentinsees und benachbarter Seen in Ostpreußen. Nach W. Ule. Vgl. Text, S. 160 u. 163.

Südostbecken, so der große Kara-kul in ein Becken von 230 m, von dem ein Becken von 20 m Tiefe durch eine Halbinsel und eine Inselreihe getrennt ist. Vulkanische Seen sind im Verhältnis zur Flächenausdehnung tief; der Albanersee mißt bei 6 qkm Oberfläche 170 m in der Tiefe. Auch Einsturzseen sind in ähnlicher Weise durch verhältnismäßig große Tiefen ausgezeichnet. Der See von Ochrida z. B. ist mit 280 m der tiefste der Balkanhalbinsel.

Außerhalb der Alpen ist der tiefste See Deutschlands das Pulvermaar in der Eifel, 74 m, der zweittiefste der Schaalsee bei Ratzeburg, 70 m, worauf erst ein Mittelgebirgssee, der Weiße See in den Vogesen, mit 60 m folgt, diesem der Lykersee in Ostpreußen mit 57 m; der Arendsee in der Altmark, ein Einsturzsee, der bei 5,5 qkm Oberfläche 49 m Tiefe hat, gehört auch noch zu den tieferen. Ihm geht der Laacher See in der Eifel mit 53 m Tiefe voran. In den Seen des Baltischen Seenhügellandes (s. die Karte, S. 159) finden wir am häufigsten Tiefen von 15—30 m. Die größten sind nicht die tiefsten: Mauersee 38 m, Schweriner See 43 m. Unter den hinterpommerschen Seen hat der tiefste, der Stepener Mühlsee, 33 m. Ähnlich ist es in Frankreich: von den Juraseen ist dort keiner über 40 m tief; die größten Tiefen finden wir auch hier in den Krater- und Einsturzseen des Zentralmassivs, wo einzelne bis 108 m hinabreichen. Wenn wir die Seen der Alpen vergleichend betrachten, so tritt zunächst die große Tiefe der Seen am steileren Südrand hervor. Der Comersee ist 409 m tief und liegt 200 m hoch, der Lago di Mezzola, der nördliche Abschnürungssee des Comersees, hat eine Maximaltiefe von 80 m. Der Lago Maggiore mit 372 m Tiefe liegt 176 m über dem Meer, aber die größte Tiefe des Gardasees ist 346, also 280 m unter dem Spiegel des Adriatischen Meeres und auch mehr als 200 m unter dem Boden dieses Meeres, das zwischen Triest und Venedig nur 30 m tief ist. Der Luganer See, der 288 m tief ist, liegt 271 m über dem Meer. Das erinnert an die beträchtlichen Tiefen der ähnlich in die Hochlande hineinziehenden und unter den Meeresspiegel reichenden Fjordseen Schottlands, z. B. Loch Katrine mit 151 m Tiefe bei 110 m Höhe über dem Meer. Unter den Alpenseen des Nordabhanges ist der Genfer See mit 310 m der tiefste, aber auch der Bodensee ist tief mit 252 m; nach diesen folgen kleinere: Brienzer See 261, Thuner See 217, Vierwaldstätter See 214, Walchensee 196, Gmundener See 191, Königsee 188, Attersee 171, Neuenburger See 144, Achensee 132, Züricher See 143, Würmsee 123, Ammersee 79, Chiemsee 73, Tegernsee 71, Schliersee 37 m.

Lagunenseen, Fjordseen und andere, die zur Küste gehören und meist in der Fortsetzung von Küstenbuchten im Land gelegen sind, ragen oft mit ihrem Boden unter den Meeresspiegel, nicht selten noch unter den nächsten Meeresboden. Der 60 m tiefe Plönersee reicht 40 m unter den Meeresspiegel und liegt nur etwas über 20 km von der Ostsee entfernt, in der eine entsprechende Tiefe erst weit draußen auftritt; so ist also die Tiefe des Plönersees überhaupt weit und breit die bedeutendste. Auch in den „Poldern", künstlich eingedämmten Marschniederungen der Nordseeküste, liegen Seen unter dem Meeresspiegel, ebenso in natürlich abgeschnürten Meeresbuchten und anderen sogenannten Depressionen (s. Bd. I, S. 570); der See der Oase Siwah liegt 30 m unter dem Meeresspiegel. Unter dem Meeresspiegel liegt ferner der Kratersee des Massaya am nordwestlichen Ufer des Nicaraguasees. Loch Morar liegt zwar 9 m über dem Meeresspiegel, seine Tiefe ist aber 320 m, so daß er in einem Becken gelegen ist, das tief unter den Meeresspiegel hinabreicht. Doch auch Seen, die weit innen im Lande liegen, reichen oft tief unter den Meeresspiegel, so der Baikalsee in 460 m Meereshöhe gegen 1600 m; selbst der Boden des Genfer Sees liegt nur 41 m über dem Meer. Wenn der Wasserspiegel der Großen Seen Nordamerikas auf die Höhe des Meeres sänke, würde nur der Eriesee verschwinden und der Huronensee stark zusammenschrumpfen, aber der Obere, Michigan und Ontario würden noch immer bedeutende Becken bleiben.

Ganz anders als die Flächenräume und Tiefen verhalten sich die Inhalte der Seebecken. Der Bodensee steht mit 538 qkm dem größten Alpensee, dem Genfer See, mit 582 qkm nur wenig nach. Aber seine Tiefe von 252 m läßt im Vergleich mit den 309 m des Genfer Sees schon einen beträchtlichen Unterschied des Inhaltes vermuten. Es kommt aber hauptsächlich auf die

Gestalt des Beckens an, die beim Genfer See im ganzen beträchtlich tiefer ist, wie schon die mittleren Tiefen erkennen lassen, so daß der Inhalt des Genfer Sees fast doppelt so groß ist wie der des Bodensees. Der Gardasee hat nur 370 qkm Oberfläche, und seine größte Tiefe ist 346 m, aber sein steilwandiges Becken steht an Inhalt nicht weit hinter dem des Bodensees zurück. Gewaltig sind die Unterschiede des Inhaltes tiefer und seichter Seen: der Plattensee mit 614 qkm, der größte See Mitteleuropas, hat bei einer mittleren Tiefe von höchstens 1½ m ein Volumen, das etwa der Wasserschwankung des Bodensees in einem einzigen Jahre entspricht. „So unterscheiden sich Alpensee und Steppensee." (Penck.)

Das Seebecken.

Das Seebecken entsteht aus der Umbildung einer Vertiefung des Bodens durch das Wasser des Sees und durch das Leben, das dieses Wasser hegt. Deswegen trägt das Seebecken sowohl in seiner Größe als in seiner Lage, in seiner Tiefe und seiner Gestalt die Spuren des Bodens und des Sees. Man erkennt ein altes Thal, einen Fjord, einen Krater, einen Einsturztrichter, in den das Wasser sich hineinlegte und den See bildete, und man erkennt den flachen Seeboden, den die Niederschläge des Sees bauten, die abgerundeten oder geraden Ränder der Anschwemmungen am Rande des Sees, die Deltabildungen am Zu- und Abfluß, auch Brandungswirkungen an Klippen. Sie alle zusammen formen das Seebecken, wie es nun fertig vor uns liegt. Im Gebirge walten daher die langgestreckten Formen, entsprechend den Thalbildungen, vor (s. nebenstehende Karte). Es sind dieselben, welche in der Verlängerung der Fjorde liegen (vgl. über die Fjordseen Bd. I, S. 438 und 441). Der Weißensee in Kärnten, 12 km lang, an der schmalsten Stelle 0,15 km breit, ist ein typischer Thalsee. Auf Hochebenen dagegen verbreitern sich die Umrisse und werden mannigfaltiger (s. die Karte, S. 163). Sobald aber ein bestimmteres Gefälle eintritt, werden auch hier die Seen einfacher, gestreckter, rinnenförmiger, zahlreicher, wie wir das im pommerschen Seenhügelland im Vergleich mit dem holsteinischen wahrnehmen. An den Küsten wieder sehen wir die Herrschaft der langgestreckten einförmigen Uferlinien auch in den Formen der Seen, die parallel zu den Uferlinien sich hinter den Nehrungsstreifen aneinanderreihen (s. das Kärtchen, S. 154), wobei sie in dem flachen und tiefliegenden Gelände oft stark in die Breite gehen. Diese Unterschiede der Seen nach Bodengestalt und Gefälle erinnern sehr an die

Höhen- und Tiefenkarte des Loch Ericht in Schottland. Nach Murray.

Unterschiede der Flußläufe, die auf stark geneigtem Gelände geradlinige Thäler eingraben, im mittleren Laufe sich den Bodenformen ihrer Umgebung in scheinbar launenhaften Windungen anpassen, zuletzt gegen das Meer zu sich verbreitern.

Im einzelnen prägen die Seen die besonderen Formen ihrer Unterlage aus. In den Fjordlandschaften wiederholen sie die langgestreckten, steilwandigen Meeresbuchten (s. die untenstehende Abbildung) samt ihrem Insel- und Halbinselreichtum. In Labrador ist der Inselreichtum der Seen so gewöhnlich, daß der Michikannusee auffällt, weil er mit seiner Inselarmut eine Ausnahme macht. Dabei sind diese Seen entweder lange zusammenhängende Flußseen, oder sie treten als eine Kette von locker aneinandergereihten, kurzen Seen auf. So wie die Fjorde an Vergletscherungsgebiete gebunden sind, kommen auch Fjordformen an Moränenseen vor. Sven Hedin hebt die Lage des Kara-kul im Moränengebiet hervor und nennt den südlichen schmalen Teil des Sees „Fjord". Die so häufig vorkommende Verbindung eines breiten Seebeckens mit schmalen Fjordbuchten schafft jene „schaufelförmigen Seen", die Anutschin bezeichnend für die westrussische Moränenlandschaft nennt. Bei uns ist der Bodensee ihnen verwandt. Sowohl diese breiten als die schmalen Seen der Moränengebiete erweisen sich bei näherer Untersuchung ihres Bodens in vielen Fällen als „lineare Anreihungen kessel- oder wannenförmiger Vertiefungen, welche je nach dem Stande des Grundwasserspiegels als schmaler, meilenlanger See oder als Kette oberflächlich getrennter Wasserbecken erscheinen" (Jentzsch). Die Vulkan- und Maarseen haben sehr oft die regelmäßigen Formen des Inneren der Explosionstrichter. In Ländern mit wenig scharf abgegrenzten Oberflächenformen, wie Finnland, Labrador, verschwimmen auch die Unterschiede der Seen, und dann sind Seen und Flüsse kaum zu trennen. Seen mit einem Ausfluß auf beiden Seiten einer unausgebildeten Wasserscheide (s. S. 131) sind dort nicht selten.

Der Suldalsee in Norwegen. Nach Photographie.

Wie in diesen Ländern die Bodenformen regellos dahin gestreut sind, sind auch die Seen höchst unregelmäßig gestaltet, so daß es fast unmöglich ist, sie voneinander abzugrenzen. Daher auch die für den Geographen so unbequemen Schwankungen in ihrer Benennung und Ausmessung. Der Mauersee z. B. ist in der Sprache des Landes nur der nördliche Teil der einem vierblätterigen Kleeblatt zu vergleichenden Seengruppe: Mauersee, Dargainensee, Lötzenscher- oder Kissainsee und Dobenschersee in Masuren; auf unseren Karten aber wird gewöhnlich der ganze Komplex Mauersee genannt. In Mecklenburg bedeckt der Müritzsee 133 qkm, hängt aber mit dem Plauer-, Kölpin- und Fleesensee eng zusammen, wodurch eine Wasserfläche von 240 qkm entsteht. Der Krakower See ist ebendort einer der reichstgegliederten,

in dessen Umriß die größere Hälfte von 21 kleinen Inseln (Werdern) übergegangen ist, die sich durch Torfbildung mit dem Ufer verbunden haben.

Wie die Flüsse, so zeichnen auch die Seen große Züge der Bodengestalt ihrer Länder schärfer, so daß diese Züge auf den ersten Blick hervortreten. Ein Blick auf die Karte des preußischen Seenhügellandes zeigt die Nordwest- oder hercynische Richtung einer ganzen Anzahl langgezogener Seen und daneben die rechtwinkelig darauf stehende Nordost- oder erzgebirgische

Tiefenkarte des Goktschaisees in Armenien. Nach R. Sieger. Vgl. Text, S. 159, 161 u. 164.

Richtung (vgl. die Karte, S. 159). Selbst in der Lage der tiefsten Stellen in diesen Seen enthüllt uns die Isobathenkarte dieselben Richtungen, wie z. B. die ostholsteinischen Seen zeigen. Desgleichen offenbart der Bodensee dieselbe Nordwestrichtung wie der Züricher, Zuger, Thuner See, Teile des Vierwaldstätter Sees und große Abschnitte des Laufes der Aare, Emme, Reuß und Limmat. So wie wir Länder und Meere reich gegliedert oder ungegliedert nennen, sprechen wir auch von einer Gliederung der Seen, die wir entweder dadurch ausdrücken, daß wir sagen: die Küstenlänge der Großen Seen des Sankt Lorenz-Systems beträgt fast 9200 km, oder daß wir den wahren Umfang des Würmsees als das 1,87fache des kleinstmöglichen Umfanges der Seefläche bezeichnen, oder dadurch, daß wir Rumpf und Glieder eines Sees einander entgegensetzen. So stehen dem Rumpfe des Bodensees die Glieder des Untersees und des Überlinger

Sees derartig gegenüber, daß die Oberfläche des Rumpfes 437 qkm gegen 102 qkm der Glieder enthält. Am Vierwaldstätter See unterscheiden die Seeanwohner drei Teile: den oberen See, den unteren See und den Alpnacher See, die durch Engen verbunden sind; aber der untere See ist für sich wieder ein Vierstrahler, dessen kreuzförmig angeordnete Arme sich in dem sogenannten Trichter vereinigen.

Der Inselreichtum der Seen hängt entweder von der ursprünglichen Gestalt des Seebeckens oder von späteren Anschwemmungen ab. Inselreich sind alle Seen, die im Gebiete mannigfaltiger Bodengestaltung liegen, also Seen in Fjord- und Schärengebieten, Moränenseen. Da in solchen Seen die Inseln der Ausdruck des Formenreichtums des Seebeckens sind, gehen sie mit einer starken Gliederung des Umrisses Hand in Hand. Leichte Senkungen des Wasserspiegels vermehren dann ihre Zahl. Auch gibt es in solchen Seen immer Untiefen, die durch die Bewachsung mit Rohr kenntlich sind, das gewöhnlich bei 1—1½ m Wasserhöhe Wurzel zu fassen beginnt (Schilfinseln). Seichte Seen neigen eher dazu, inselreich zu sein, als tiefe, aber der Spirdingsee ist, wiewohl der seichteste, doch der inselärmste unter den großen ostpreußischen Seen. Kleine Inseln und Klippen sind auch in vulkanischen Seen häufig. Im See von Bolsena (114 qkm bei 146 m Tiefe) scheinen die Inseln eine Zusammensetzung aus mehreren Kraterkesseln anzuzeigen. Dagegen sind Einsturz- und Maarseen inselarm. Die Lage solcher im ursprünglichen Bau des Seebeckens gegebener Inseln ist durch diesen Bau mitbedingt; sie liegen auf unterseeischen Rücken, in der Fortsetzung von Landzungen und Halbinseln, an Stellen, wo der See sich spaltet, in den schmaleren Seeabschnitten. Im Chiemsee liegen die Inseln nicht in dem Weitsee, dessen Boden sehr gleichförmig ist, sondern im westlichen unebenen Teil, den Bayberger den „Inselsee" nennt. Die Großen Seen Nordamerikas sind nur inselreich beim Austritt des Sankt Lorenz, in den Verbindungsstraßen und in der Fortsetzung der Halbinseln des Huronensees und Oberen Sees. Bezeichnend ist auch die Lage der Inseln Reichenau, Mainau im Untersee und Überlinger See. Einige Versuche, das Verhältnis der Größe der Inseln zur Größe ihres Sees zu bestimmen, ergeben für den Chiemsee das Verhältnis 2,79 zu 100, für den Bodensee 0,97, für den Würmsee 0,03 zu 100.

Der Schwarze See im Böhmer Wald. Nach P. Wagner. Vgl. Text, S. 165.

Die Wände des Seebeckens sind entweder einfach die Fortsetzung der Böschungen des Geländes, in die der See eingebettet ist, wo dann die gleiche Neigung ober- wie unterhalb des Wasserspiegels vorhanden ist; oder der See liegt in einer besonderen Wanne, deren Böschungen mehr oder weniger stärker als in der Umgebung sind. Die meisten Vulkanseen stehen in steilwandigen Kratern oder Auswurfstrichtern. Daher sind die Maarseen der Eifel und der Auvergne gleicherweise durch die starken Böschungen ihrer Wände ausgezeichnet, die über 20° hinausgehen. Die Einsturzseen haben steile Wände (s. Kärtchen, S. 163). Das größte Beispiel ist der Baikalsee, dem Abstürze zu 1000—1200 m schon in 1 km Entfernung vom Ufer zugeschrieben werden.

Dadurch sind sie verwandt mit den Krater- und Maarseen, aber bei diesen steht immer die regelmäßige Umrißgestalt in einem engen Verhältnisse zur Bodenform. Wie die Umrisse der Maarseen sich einem Kreise nähern, sind auch ihre Böschungen regelmäßig kesselartig und steil. Die Böschung der in den Alpen oder hart am Rande der Alpen gelegenen Seen ist größer als die der Vorlandseen. Sie erreicht beim Königssee über 20° und beträgt beim Gardasee noch $5\frac{2}{3}^{\circ}$. Die Vorlandseen haben geringere Böschungen: der Würmsee $3\frac{1}{2}^{\circ}$ (s. Karte, S. 169). Dabei liegen unter steilen Ufern die größten Seetiefen, wie schon eine alte Schifferregel sagt; im Vierwaldstätter See mißt man an einer Stelle unter dem Axenstein 189 m in 50 m Entfernung vom Ufer. Dabei kommen große Verschiedenheiten in einem und demselben Seebecken vor, so daß beim Weißen See in Kärnten einer größten Böschung von 45° eine mittlere von 9° 32′ gegenübersteht. Sehr häufig ist besonders bei Hochseen und Staffelseen (s. unten, S. 168, und Kärtchen, S. 164) eine größere Tiefe am oberen Ende, wo dann in der Regel eine Steilwand aus dem See ansteigt.

Die Soiernseen bei der Schöttelkahrspitze im Karwendelgebirge. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 168.

Ähnlich wie in den Meeresbecken unterscheiden wir auch in den Seebecken übereinanderliegende Tiefenzonen. Die **Uferzone** erstreckt sich von dem bei ruhigem See trocken liegenden Strande bis dahin, wo die letzten Wellenwirkungen aufhören. Nach dem Vorschlage des Grafen Zeppelin, der sich auf die Beobachtungen am Bodensee stützt, wäre sie bis 10 m unter den

Wasserspiegel auszudehnen und mit dem dort üblichen Namen Hang zu bezeichnen. Die Brandung drängt den oberen Teil dieses Streifens zurück, besonders an Steilufern, und baut im unteren Teile mit den mitgerissenen Schuttmassen auf. Daher ist an allen Seen ebenso wie an den Meeresküsten die Litoralzone durch eine langsam abfallende, fast horizontale Terrasse gekennzeichnet, auf welcher sich das von den Wellen hin und her geführte feinere Material und wohl auch Gerölle ablagern. Die Ablagerungen von nahezu wagerechter Oberfläche in geringer Tiefe nennt der Bodenseefischer „Wyße" oder Weißboden. Man findet sie nur an steil abfallenden Wänden gut entwickelt. Die Breite der Uferzone hängt natürlich von der größeren

Das Südende des Nyassasees, Ostafrika. Nach Alfred Sharpe. Vgl. Text, S. 167.

oder geringeren Tiefe des Sees ab, sowie von der Schuttführung der Zuflüsse. Zwischen der Uferzone und dem Boden nimmt die Böschung der Seewände oft plötzlich ein steileres Gefälle an, das man schon beim Befahren des Sees an der dunkleren Farbe des Wassers erkennt. Am Bodensee ist dafür der Name „Halde" üblich, und an den holsteinischen Seen nennen die Fischer den oberen Rand dieses steileren Abfalles „Abschaar".

In den Uferregionen der Seen entstehen ganz ähnliche Bildungen wie am Meere. Dünen finden wir an den niedrigeren Südufern der Großen Seen, besonders am Michigan- und Oberen See, so mächtig wie an Meeresküsten. Schon die ersten Entdecker haben sie beschrieben und benannt: Les Grandes Sables bei Saint Mary's Straits. Diese Sanddünen wandern landeinwärts, töten Wälder, ganz wie Meeresdünen. Schoolcraft, der geneigt war, die Meerähnlichkeit der Großen Seen zu übertreiben, schätzte sie auf 100 m Höhe. Auch am Ufer des Genfer Sees gibt es Sanddünen von 3—5 m Höhe. An Binnenseen entwickeln sich

Haffe und Nehrungen im Hintergrunde von Buchten mit sanft abfallendem, seichtem Boden, in welche sich sedimentreiche Bäche ergießen; als deren Vorgänger jene schöngeschwungenen Vorsprünge, die wir von den Meeresküsten kennen (s. Abbildung, S. 166, und Text Bd. I, S. 404). Am Genfer See finden wir diese Bildungen in den Grangattes von Villeneuve, den Pierrettes von Ouchy, besonders aber auf den Flanken seichter Deltas kleinerer Zuflüsse.

Die Zuflüsse treten oft mit beträchtlichem Fall an den See heran und wirken damit selbst auf den Seeboden ein. Rhein und Rhone haben sich 4 und 6 km lange, tiefe Rinnen in die unterseeischen Deltas eingegraben. Nicht bloß der Fall des Flusses an sich, sondern auch die Beschleunigung des Falles auf der geneigten Ebene des Schuttkegels, sowie die Schwere des Wassers kommen dabei in Frage. Die Flüsse bilden, indem sie in die Seen hineintreten, Deltas

Die Rousseau-Insel im Genfer See. Nach Photographie von F. L. Laven, Trier.

von einer Größe, die verhältnismäßig viel bedeutender sein kann als die der Stromdeltas an den Meeresküsten. Dabei werden die Flüsse unterstützt von der niederschlagfördernden Aufstauung der Zuflüsse durch den Seespiegel. Das Rhonedelta im Genfer See ist 3 km lang, das der Aare im Brienzer See 1,2 km. Noch öfter als bei den Küstendeltas kommen hier Ablenkungen und Umbiegungen der Ausflußarme vor, die durch den Gegensatz der starken Schuttablagerung und des beträchtlichen Gefälles der Flußarme entstehen. Von den Flußdeltas im Genfer und Neuenburger See hat schon Jaccard als Regel angegeben, daß sie zunächst sich in der allgemeinen Richtung des Flußlaufes bilden, um dann auf eine Seite sich zu werfen, weshalb weiterhin die Flußarme in winkeligem oder umgebogenem Lauf in den See eintreten. Beim Ausflusse stiller Wasser aus Moränenseen entwickelt sich leicht eine Ausflußinsel oder ein Ausflußdelta, die, häufig aus Torf bestehend, den Ausfluß in zwei oder drei Arme teilen.

Das Seebecken kann im Fels, im Schutt, im Sand, im Schlamm liegen oder, was am häufigsten vorkommt, in allen diesen Gesteinsarten. Es gibt aber Seebecken, die nur in Felsen gehöhlt sind, neben Felsbecken, die am unteren Ende durch Schutt, besonders Moränenschutt,

abgedämmt sind. Kleine Seen in Felsbecken finden wir in alten Gletschergebieten (s. Abbildung, S. 165); es gehören dazu hochgelegene Seen deutscher Mittelgebirge, die besonders oft in alten kristallinischen Gesteinen, aber auch im Buntsandstein ausgehöhlt sind, der Hochlande von Wales, wo Kingsley früh die Aushöhlung von Seebecken unmittelbar im Fels nachwies, in Schottland, wo James Geikie überhaupt alle Seen danach unterscheidet, ob sie in Felsbecken, hinter Moränendämmen oder im Schutte liegen. Bei Hochseen ist der dem Berge zugewandte Teil des Beckens oft in den Fels gehöhlt, während die Schwelle durch einen Schuttwall gebildet wird.

Der Seeboden.

Von allen Teilen des Seebeckens ist der Boden am meisten das Werk des Sees selbst, denn er empfängt und bewahrt dessen Niederschläge und liegt den Wirkungen am fernsten, die von der Oberfläche und von den Zuflüssen her auf den See sich erstrecken. Die großen Züge der Bodengestalt des Beckens bleiben erhalten, und wir erkennen in ihnen die Flußrinnen, die Moränenhügel, die Einsturztrichter selbst am Seegrunde. Wände und Boden eines Stausees bleiben immer ein Stück Thalboden; es ist „die hinabführende Rinne", die durch einen Querwall abgeschlossen ist, und nicht selten sieht man Moränenzüge am Ufer beginnen und in den See hinabziehen; aber den Boden bedecken Seeniederschläge, die erst entstanden sein können, nachdem die Thalrinne abgedämmt war. Auch für andere Seenarten bleiben bestimmte Bodenformen typisch. Unter den Hochseen der Gebirge haben besonders die sogenannten Staffelseen gewöhnlich im oberen Teil einen tieferen Boden als im unteren. Dieser Gegensatz kommt auch in größeren Seen vor, die in einen tiefen und einen seichten Abschnitt zerfallen, der oft nur wie eine Überschwemmung aussieht. In den Fjordseen und den ihnen ähnlichen Seen der Moränenlandschaften folgen sehr oft Vertiefungen reihenförmig, gleichsam aneinandergereiht. Schuttkegel ausmündender Flüsse gestalten den Boden um und haben nicht selten schmale Seen in zwei geteilt. Im Achensee zum Beispiel kann man nachweisen, wie der von der Gaisalp kommende kleine Sturzbach den Seeboden örtlich um 9 m erhöht hat. Den einfachsten Bodenbau zeigen oft rinnenartige Flüßchen, aber breite Seebecken haben gewöhnlich einen unebenen Boden. So hat der Walchensee drei Einsenkungen, die durch breite Anschwellungen getrennt sind.

Forel vergleicht die Ebenheit des flachen Seebodens im Genfer See mit derjenigen eines Billards und Mill die des Bodens englischer Seen mit einem glatten Spielplatz. Auf einem kreisförmigen Raume von 2,5 km Radius fanden dort Forel und Hörnlimann bei zehn sorgfältigen Sondierungen lauter Tiefen zwischen 309,4 m und 309,8 m, und auf einer Strecke von 6 km Länge und 2 km Breite kommen keine stärkeren Erhebungen als von 10 m vor. Tiefe Seen, in denen die Niederschlagsbildung ungestört vor sich geht, haben besonders ebene Böden, und hier ist dann der Gegensatz auffallend zwischen den steilen Hängen und dem ebenen Boden. Der Vierwaldstätter See zum Beispiel mit seinen steilen Böschungen hat an einer Stelle, die 1450 m breit ist, einen flachen Boden von 1200 m Breite. Am Würmsee (s. das Kärtchen, S. 169) dagegen nimmt der „Schweb" noch nicht die Hälfte der Seebreite ein.

Schon die im Vergleich zum Meere starke Trübung des Seenwassers zeigt, daß beträchtliche Mengen fester Bestandteile in feinster Form in allen Teilen eines Sees vorkommen, und daß der hereingeführte oder vom Ufer losgespülte feine Schlamm nur langsam sich niederschlägt. Unter den Schwemmstoffen von beträchtlicherer Größe bleiben die flachen Blättchen des Glimmers und ähnlicher Gesteine am längsten suspendiert und erfahren daher den ausgedehntesten Transport. Da sie mit großer Oberfläche geringes Gewicht verbinden, folgen sie den leichtesten

Bewegungen; Forel hat sie im Genfer See bis zu 9 km Entfernung von der Rhonemündung nachgewiesen. Überhaupt gehört das lange Schweben der Schlammteilchen zu den Merkmalen der Süßwasserseen; es fehlen der Salzgehalt und die Temperaturgegensätze, die im Meerwasser Niederschläge rascher ausfällen.

Eisenhaltige Niederschläge sind in der Nähe einmündender Moorbäche häufig. Auffallend eisenreichen Schlamm haben kleinere Seen, wie der Hallstätter. In schwedischen Seen kommt dieser an Eisengehalt dem Raseneisensteine vergleichbar vor, und ebenso hat ihn Ule in Form von dunkeln Kügelchen von 1—3 mm Durchmesser an Stellen des Würmsees gefunden, wo Moorbäche nicht ferne einmünden. Anderen Ursprunges ist der dunkle Eisensand, den der Kisil-su ablagert, wo er in den Issyk-kul mündet, denn der Fluß bringt ihn herbei, und der Wellenschlag des Sees sichtet und schlämmt ihn, indem er die feineren Körnchen mit sich nimmt.

Vergleicht man die Niederschläge in einem tiefen See mit denen im Meere, so ist man zuerst geneigt, sie durchaus den litoralen Niederschlägen des Meeres zu vergleichen, da sie sämtlich von den Küsten und den Zuflüssen herstammen. Allein, wenn man erwägt, daß in einem See alle Erscheinungen und so auch die Niederschlagszonen auf einen engen Raum zusammengedrängt sein müssen, gliedern sich auch die letzteren im Verhältnisse zu dem verschiedenen Anteile der litoralen Elemente. Ebenso wie im Meer ist in den Seen das Leben an der Bodenbildung stark beteiligt, und es fehlt nicht an biogenen Niederschlägen, die wahrscheinlich in den Seen der Tropen reichlicher vorkommen; die Angaben Moores und Fülleborns über fast gallertartige Beschaffenheit der Absätze ostafrikanischer Seen und der Reichtum von Algen und niederen Tieren an der Oberfläche der Seen sprechen dafür. Aber im Gegensatze zum Meeresboden, wo die Kalkniederschläge von einer gewissen Tiefe an abnehmen, wächst ihr Betrag in der Tiefe der Seen; Diatomeen nehmen einen hervorragenden Anteil daran. In einzelnen Gegenden des Genfer Sees prägen die Reste von mikroskopischen Krustentieren dem Tiefschlamm einen besonderen Charakter auf. In Salzseen aber rufen kalkabsondernde Algen oolithartige Bildungen hervor.

bis 600 m. 600-650 m. üb. 650 m.

Der Würmsee in Bayern. Nach W. Ule. Vgl. Text, S. 165 u. 168.

Den Namen Seekreide hat man dem kalkreichen Tiefseeschlamme beigelegt, der weniger aus organischen Resten, wenn auch Schneckenschalen oft stark darin vertreten sind, mehr aus feinen amorphen Niederschlägen von kohlensauren Kalken besteht. Feucht bildet diese Seekreide eine bläulichweiße Masse von solcher Zähigkeit, daß sie oft schwer zu durchstoßen ist, im trockenen Zustand ist sie schneeweiß. Sie kommt in den norddeutschen Moränenseen bis zu 3,5 m Mächtigkeit vor, wo sie oft den undurchlässigen Untergrund von Torfmooren bildet, und wird dort zur Kalkgewinnung abgebaut. Der Kalkgehalt des Schlammes scheint oft nach der Tiefe hin zuzunehmen. In den Seen der Moränenlandschaft überwiegt die mergelige Zusammensetzung des Tiefseeschlammes, der oft beträchtlichen Sandzusatz hat und von organischen Resten

tiefbraun gefärbt ist. Die Kalkarmut der Umgebungen der schottischen Loches erklärt wohl, daß ihre feineren Bodenniederschläge braun gefärbt sind.

Unter den Kalkgeröllen am Seestrand und unter den Steinen, die man aus geringer Tiefe heraus-holt, findet man Furchensteine, die ihren Namen von bis 4 mm tiefen, gewundenen, die Oberfläche des Steines oft geradezu mäandrisch gestaltenden Furchen tragen. Es sind kleine, unter einer Schleimhülle in diesen Furchen lebende Mückenlarven, die solche Bildungen hervorbringen, sei es, daß sie einen den Kalk lösenden Saft absondern, sei es, daß einfach die Kohlensäure ihres Lebensprozesses den Stein anätzt. Die Algenüberzüge, die dieselben Steine tragen, sind wahrscheinlich an dieser Bildung vollkommen unschuldig; es mag aber wohl sein, daß Algen sich mit Vorliebe auf dem einmal durchfurchten Steine festsetzen. Schon vor langen Jahren beschrieb Schoolcraft durchbohrte oder angebohrte Kalksteine (Grauwacke?), die oft aus der Tiefe des Huronsees heraufgebracht werden. Schoolcraft meinte damals, sie seien durch rotierende Kiesel entstanden. Die geringelte, gewundene Struktur der Öffnungen deutet aber auf einen Ursprung, der dem der Furchensteine verwandt ist.

Wellen und Strömungen.

Den meisten Binnenseen gibt die im Verhältnis zur Größe ihrer Oberfläche beträchtliche Tiefe ein gewisses Gleichmaß der Wellenbewegung, die von der mittleren Windstärke und von der Oberflächengröße abhängt. Auch die Windstärke ist an den meisten Seen mäßig, und an einem und demselben See zeigt sie durchschnittlich wenig Veränderungen. Die Oberfläche der meisten Seen ist für Wellen von beträchtlicher Größe nicht weit genug. Die größten Wellen auf dem Genfer See sind 1,5 m hoch, 20 m lang und haben eine Geschwindigkeit von 7,8 m in der Sekunde. Auf dem Würmsee sah Ule keine Welle, deren Höhe 30 cm überschritt. Auf flachen Ufern wachsen sie etwas höher an. Aber nur auf tief in steilen Ufern liegenden Seen kommt es durch brandungsähnliche Stauung zur Bildung von höheren Sturzwellen. Auf dem Hallstätter See sind Sturmwellen von 1,6 m beobachtet worden, und die ausnahmsweise höchste Wellenhöhe erreichte angeblich 3 m; aber bei gewöhnlichem stärkeren Wellenschlag überschreiten die Wellen nicht 0,5 m. Man darf angesichts dieser Zahlen jedoch daran erinnern, daß die Wellen, vom Ufer gesehen, leicht höher scheinen, als sie sind. Nur in Spuren treten Dünungswellen in kleineren Seen auf, meist erstirbt der Wellenschlag sehr bald nach dem Abflauen des Windes. Und beim Auftreten des Windes kommt bei der geringen Geschwindigkeit der Wellen gewöhnlich der Lufthauch geraume Zeit vor dem Wellenschlag an. Die an Wellenfurchen auf feinsandigem Boden zu beobachtenden Wirkungen der Wellen in die Tiefe hat Honsell im Bodensee bei starkem Sturme nur bis 3 m verfolgt, Forel gibt aber dafür im Genfer See die Tiefe von 9 m an.

Der Wind, der längere Zeit in derselben Richtung über den See hinstreicht, treibt das Wasser in seiner Richtung fort und staut es an der Seite auf, nach der er weht. Bei großen Seen mag dieser Windstau Erhöhungen des Wasserspiegels von einigen Metern bewirken. Im Eriesee, wo sie 2 m erreichen soll, hat diese Anschwellung schon mehrmals die Hafenanlagen von Buffalo überschwemmt. Damit übt der Wind zugleich einen Einfluß auf die Verteilung der Seeniederschläge, der mit der Zeit merklich wird. Im Bodensee treibt der vorherrschende Westwind nicht nur die Wellen am häufigsten ostwärts, er bewegt in derselben Richtung auch den feineren Schutt, den die Flüsse hineintragen. Ebenso drückt der Wind, der das Wasser eines Sees nach einer Seite hindrängt, zugleich die oberen wärmeren Schichten unter die kälteren, die an der entgegengesetzten Seite bloßgelegt werden und wie beim „Auftrieb" des Meeres emporsteigen. Daher bemerken wir eine Durchmischung über den unmittelbaren Wirkungsbereich des Windes hinaus.

Auf die Oberfläche der großen innerafrikanischen Seen üben die ständigen Winde einen mächtigen Einfluß. Am Tanganyika fand Böhm am 2. August 1883 das Wasser durch die herrschenden Winde so gestaut, daß es die kurz vorher von Reichard ganz im Trockenen erbaute Hütte überschwemmte. Stürme sind auf den weiten Wasserflächen dieser Seen vorzüglich in den Äquinoktialzeiten häufig. Sie treten plötzlich auf und machen die Schiffahrt gefährlich, besonders zur Nachtzeit; aber sie sind meist örtlich sehr beschränkt, so daß man ihnen manchmal geradezu auszuweichen vermag. Nicht selten sind sie von Wasserhosen begleitet. Der vorwaltende Südostwind bläst in der Regel frisch am Morgen, um am Nachmittag sich zu legen, ist aber in der Nähe des Landes durch Landwinde unterbrochen, die gewöhnlich vom Lande am Abend, zum Lande am Morgen wehen. Nicht selten sind Nebel, die oft Wochen andauern.

Es fehlt nicht an Strömungen in diesen großen Wassermassen, die besonders unter dem Einfluß der vorwaltenden Südostwinde einen starken Anstoß in westlicher Richtung erfahren müssen. Wilson beobachtete im Januar und August 1877 an der Südküste des Victoriasees einen starken Weststrom, dessen Geschwindigkeit auf 1½ Knoten geschätzt wurde. Einen leichten, nach Süden gerichteten Strom fand er in der Rugedsiistraße zwischen dem Festland und der Insel Ukerewe, wo auch Baumann eine deutliche nördliche Strömung fand, die er auch sonst beobachten konnte. Die vorwaltenden Winde bewirken auch in kleinen Seen oberflächliche Bewegungen, die unter häufigen Unterbrechungen derselben Richtung folgen und in dem engen Becken nicht selten kreisförmig in sich zurücklaufen. Während aber bei ihnen die Abhängigkeit von den Winden sichtbar ist, erfolgen die Rückströmungen ohne Winddruck. Sie sind daher im Volksmund als besondere Strömungen unterschieden worden: z. B. Corrico im Gardasee. Auch andere Bewegungen treten strömungsartig auf, wie wir bei dem „Laufen" der Seen sehen werden. Wenn die Fischer am Chiemsee glauben, daß eine Bewegung im See nach Norden bei ruhigem Wetter stattfinde, ehe Bergwind eintritt, so spielt dabei wohl auch der Anstoß der Zuflüsse, die von Süden kommen, eine Rolle. Ule glaubt im Würmsee Strömungen infolge ungleicher Wärmeverteilung beobachtet zu haben, doch gelang es ihm nicht, die dabei wirksamen Wärmeunterschiede nachzuweisen.

Auch in großen Seen entwickeln sich keine Systeme von Strömungen, die man den Meeresströmungen vergleichen könnnte. Aber Wasserbewegungen, die durch die Wärmeunterschiede hervorgerufen werden, müssen sowohl an der Oberfläche als in der Tiefe und zwischen der Oberfläche und der Tiefe stattfinden. Nach den stärker erwärmten seichten Stellen wird das kalte Wasser von den tieferen hinfließen. Dabei wird die Besonnung und die Ausstrahlung die Hauptrolle spielen, doch werden daneben die oberflächlichen Zuflüsse und auch der Grundwasserzufluß zu berücksichtigen sein. Wo beständige Winde warmes Wasser an der Oberfläche wegführen, tritt auch aus der Tiefe aufsteigendes an dessen Stelle. Das ist sehr deutlich im Kaspischen See, wo starke Abkühlungen der im Sommer 22—23° messenden Oberfläche durch Auftrieb des in 100 m nur 6,5° warmen Tiefenwassers eintreten. Regengüsse ändern manchmal die Temperatur des Seenwassers beträchtlich und rufen Bewegungen hervor. Oberflächliche Zuflüsse bringen Wasser, das durch niedere Temperatur und Schlammführung so schwer ist, daß es unmittelbar in die Tiefe sinkt. Man sieht die trüben Wasser eines einmündenden Flusses unter Wirbelbildung unter die Seeoberfläche tauchen, was die Bodenseefischer „Brech" nennen. Solches Wasser kann mit einer Wärme von 15° rasch in die Tiefe sinken, wo es Wasser von 4° begegnet; es gibt an dieses Wärme ab und steigt nach Verlust seiner Sinkstoffe wieder in die Höhe. Ähnlich können bei stürmischem Wetter die durch Uferbenagung getrübten Küstenwässer wirken.

Die Untersuchungen in den Großen Seen Nordamerikas haben nachgewiesen, daß die allgemeine Strömung nach dem Ausgang am reinsten in den Tiefen zum Ausdrucke kommt. An der Oberfläche herrschen die von ostwärts gerichteten Winden bewirkten Strömungen vor, neben denen in westlicher Richtung zurückkehrende auftreten. Der Michigansee hat sein besonderes durch Lage und Größe der Wasserfläche begünstigtes System, nämlich an der Südwestküste südliche, an der Ostküste nördliche, im nördlichen Teil westliche Bewegung.

Seenschwankungen (Seiches).

Anschwellungen des Wassers in Seen und auch an Meeresküsten ohne merkliche Ursache führen wohl in den meisten Fällen auf örtliche Änderungen des Luftdrucks und örtliche Windstöße zurück. Sie werden bei unruhigem Wetter öfters beobachtet als bei ruhigem, erscheinen plötzlich bei Sturm, Gewittern, Böen, fehlen aber in ganz geringem Maße wohl nie. Man hat sie im Genfer See genau studiert, und der dort übliche Name Seiche hat sich in der Wissenschaft eingebürgert.

Dieselbe Erscheinung nennt man an der Ostsee Seebär (von Bare = Welle), in Nordspanien Resaca, auf dem Bodensee Laufen, in der Konstanzer Bucht Ruhß. Nach dem Vorschlage des Grafen Eberhard Zeppelin nehmen wir den passenden, am Bodensee üblichen Namen „Laufen" neben Seiches auf.

Dieses „Laufen" sind stehende Wellen, die man sowohl in der Quer- als der Längsachse der Seen beobachtet. Da die ganze Wassermasse dabei in pendelnden Schwankungen ist, treten diese Wellen abwechselnd an entgegengesetzten Ufern auf, und das Schwanken kann Stunden andauern, wobei, wie bei Pendelschwingungen, die erste Welle die größte ist und unter regelmäßiger Abnahme mit der letzten absolute Ruhe eintritt. Eine solche Reihe von Bewegungen hat man am Genfer See über sieben Tage andauern sehen. Forel berechnet, daß, wenn sie nicht durch eine andere Reihe unterbrochen worden wäre, sie 9½ Tage mit 182 Schwingungen gedauert hätte. Die größten der bisher beobachteten Seiches traten 1841 im Genfer See bei Genf auf, wo sie zwischen Höchst- und Tiefststand eine Weite von 1,87 m erreichten. Und am 7. April 1893 wurde auf dem Michigansee eine Seiche von 1,5 m beobachtet. Seitdem im Genfer See selbstregistrierende Limnigraphen aufgestellt sind, wurde die höchste Seiche mit 0,63 m am 20. August 1890 beobachtet. Daß das „Laufen" auch in kleineren Seen nicht fehlt, steht jetzt fest. Ungemein regelmäßige Reihen von Seenspiegelschwankungen sind am Traunsee beobachtet und mit Barometerschwankungen in Verbindung gesetzt worden. Auch hat Ebert 1900 im Würmsee rhythmische Seespiegelschwankungen von 5—50 mm nachgewiesen.

Gezeitenbewegungen glaubt man im Michigansee und im Ukerewe beobachtet zu haben; vielleicht sind es nur die eben besprochenen rhythmischen Schwankungen.

Der Wasserstand.

Die Schwankungen des Wasserstandes können in den Abflußseen nur gering sein; regelt doch stets der Abfluß den Wasserstand, und bildet doch die einmal im Seebecken aufgesammelte Wassermasse eine übermächtige Summe, die durch die kleinen Plus und Minus des Zuflusses und Abflusses nicht stark verändert werden kann. Wenn also auch die Abflußseen gleich den Flüssen jahreszeitlichen und unregelmäßigen Schwankungen unterliegen, so geht doch ein Beharrungszustand, begründet auf den Wasservorrat des Sees, durch die Schwankungen durch und gleicht sie ab. Sie weisen durch ihre Aufeinanderfolge auf dieselben Ursachen hin wie die Schwankungen der Flüsse, treten aber schwächer ein und verlaufen langsamer. Die Seen unserer Zone zeigen einen Höchststand in Verbindung mit der Schneeschmelze im Frühjahr oder Frühsommer, der früher in den südlichen und tieferen als in den nördlichen und höher gelegenen eintritt. Er kommt ebensowohl an den Großen Seen Nordamerikas, wie am Baikalsee vor, der erst spät im Sommer durch die Schneeschmelze wächst und im Winter beim Gefrieren seiner Zuflüsse sinkt; der Unterschied erreicht kaum 2 m. Seen mit kleinem Einzugsgebiet zeigen unbeträchtliche Unterschiede des Wasserstandes, die großenteils auf die Schwankungen der

Niederschläge und der Verdunstung zurückführen. Ule gibt für den großen Plönersee einen Meistwert der Schwankungen in einem Jahre von 0,7 m, im Mittel von 6 Jahren aber nur die Hälfte an. Der Würmsee verhält sich ähnlich. Die äußersten Schwankungen des Eriesees betrugen nicht über 0,7 m in 50 Jahren. Daß der Ukerewe 1895 um 1,5 m stieg, galt als eine seit einem Menschenalter unerhörte Thatsache. Bei kleineren Seen mit großem, regenreichem Einzugsgebiet finden wir ganz andere Größen, schon im Bodensee liegt der höchste bekannte Wasserstand 4,74 m über dem niedrigsten. Bei der Überschwemmung im Herbst 1868 stieg der Lago Maggiore bei Locarno 7,5 m über den Nullpunkt des Pegels, der den niedrigsten Winterwasserstand bezeichnet, und der Spiegel des Comersees stieg 1888 vom 9. auf den 10. September um 1 m; in der Jahresreihe 1845—96 aber schwankte er von 0,56 m unter dem mittleren Stand bis zu 3,7 m darüber

Die fortdauernde Aufschüttung des Seebodens muß das Becken von unten und zum Teil auch von den Seiten her verengern und dadurch den Wasserstand erhöhen, wenn auch die Wassermenge dieselbe bleibt. Infolgedessen werden natürlich am meisten die seichten Stellen wachsen, so daß Versumpfungen häufig die Folge dieses Vorganges sind. Verstärkung des Zuflusses und Hemmung des Abflusses werden beide den Seespiegel steigen machen. So führt Bayberger unter den Gründen des Steigens des Chiemsees auch die Verkürzung und Tieferlegung des größten seiner Zuflüsse, der Achen, an, wodurch eine größere Menge des Niederschlags aus dem Einzugsgebiete dem See zugeführt werden konnte; und umgekehrt schildert uns Grissinger, wie im Weißensee in Kärnten plötzliche Erhöhungen des Seespiegels dadurch zustande kommen, daß der in den Abfluß mündende Silberbach nach Regengüssen durch große Schuttmassen den Seeabfluß staut. Im allgemeinen wird die Erhöhung des Bodens in großen Seen nur langsam fortschreiten; man gibt für den Lago di Fucino 26—30 cm im Jahrhundert an, und Robert Sieger hat für den Tsadsee ausgerechnet, daß eine Erhöhung des Bodens um 1 m sich erst in 300 Jahren vollziehe.

Die jahreszeitlichen Schwankungen der Seen folgen verschiedenen klimatisch bestimmten Typen. In unserem kalten gemäßigten Klima liegt der Tiefststand im Winter, der Höchststand je nach der Höhenlage des Sees im Frühling oder Frühsommer; den warmen Spätsommer oder Herbst bezeichnet ein durch die Verdunstung verursachtes Sinken, das, langsamer als das frühjährliche Steigen, wieder zum Tiefststande des Winters zurückführt. Große und kleine Seen des Alpengebietes zeigen darin übereinstimmende Erscheinungen.

Der Hallstätter See hat, gerade wie der Bodensee, den tiefsten Stand im Februar, den höchsten in der Zeit der höchsten Schneeschmelze im Mai (der Bodensee im Juni), worauf im Juni und Juli Sinken eintritt. Im August hebt sich der Wasserstand wieder zur Höhe des Mai, worauf ein unregelmäßiges Fallen beginnt, das im Januar am stärksten wird. In kontinentalen Klimagebieten tritt ein Sommerhochstand ein, entsprechend den Sommerniederschlägen. In subpolaren und Hochgebirgsgebieten erfolgt die Schneeschmelze spät im Sommer und damit auch der Hochstand der Seen. Auch die schwedischen Seen haben ein Frühlingsmaximum als Folge der Schneeschmelze, aber auch eine Spätherbstflut im November und Dezember; diese wird wohl durch Abflußstauungen infolge von Eisbildungen bewirkt.

Es gibt langdauernde Schwankungen der Wasserstände der Seen, welche einen rhythmischen Charakter ahnen lassen, allerdings in den Abflußseen viel weniger deutlich als in den abflußlosen. Auch sie stehen im Zusammenhange mit großen Änderungen der Wärme und Niederschlagsmengen, die sich in langen Jahresreihen wiederholen. Sieger hat Schwankungen in den armenischen Seen nachgewiesen, mit Hochständen im Wan wahrscheinlich um 1820, dann 1850 und 1875—80; im Urmia ist dieser letztere Hochstand ebenfalls nachgewiesen und so auch

im Göldschik. Dazwischen fallen Tiefstände, die nach Belcks Erkundigungen im Goktschaisee 1830 und 1860 eingetreten waren. Der Kaspisee zeigte Hochstände nach 1815, 1847 und 1865. Merkwürdigerweise stimmen damit auch Beobachtungen auf der südlichen Halbkugel, denn der George-See in Neusüdwales hatte 1823 und 1874 und in geringerem Maße 1852 hohen Wasserstand, während er in den dazwischenliegenden Trockenjahren eintrocknete und endlich verschwand. Das Tote Meer ist seit dem Ende des 19. Jahrhunderts im Steigen, wobei ausdrücklich betont wurde, daß nicht die Regenfälle die Ursache seien, da die Zunahme schon seit Jahren stattfinde. Auch der Salzsee von Utah hatte Anfang der 50er Jahre einen Hochstand, dem ein zweiter in den 70er Jahren folgte. Überall, wo Wasserstände der Alpen- und Voralpenseen Jahre hindurch genau gemessen wurden, fand man Schwankungen, die sich über längere Jahresreihen erstrecken. Der Genfer See hatte im 19. Jahrhundert den größten Hochstand 1816 und 1817, weitere Hochstände 1846 und seit 1876. Auch der Bodensee hatte einen Höchststand 1816—20 und Hochstände in den ersten 40er und in den 70er Jahren. So spärlich die Beobachtungen auch sind, wir finden doch bei anderen Alpenseen einen und den anderen Hochstand in der angegebenen Zeit wieder. So ist an verschiedenen Seen Oberbayerns ein Ansteigen seit 1856 beobachtet worden. Selbst am Fuciner See bezeichnen 1816 und die ersten 40er Jahre Höchststände. Die Übereinstimmung mit den Schwankungen der Gletscher der Alpen und Norwegens, die wir im Gletscherkapitel kennen lernen werden, ist auffallend. Ein Ansteigen der Sankt Lorenzseen von Ende der 50er Jahre an scheint auch nicht allein zu stehen, denn in den 70er Jahren haben sie die weitverbreitete Aufwärtsbewegung vieler Seen und Gletscher mitgemacht. Den Beobachtungen in Europa entsprechend, zeigt der Tsadsee Anschwellungen um 1850 und Anfang der 70er Jahre, der Tanganyika Ende der 60er, der Nyassa 1860, der Ukerewe Ende der 70er Jahre. Ähnlich wie bei den Gletscherschwankungen scheint auch bei den Wasserstandsschwankungen der Seen der Vortritt den westlicher gelegenen zuzufallen, wenigstens in der Zone zwischen 30 und 50° nördl. Breite. Die Schwankungen der abflußlosen Seen sind im allgemeinen stärker und dauernder als die der Flußseen, und die Seen gehen häufig den benachbarten Gletschern mit ihren Schwankungen voraus. Diese Schwankungen verursachen an abflußlosen Seen in der Zeit eines Menschenalters Höhenunterschiede von einigen Metern, an Flußseen solche von Bruchteilen von Metern. Die extremen Wasserstände von 1819 und 1838 lagen in Detroit 1,6 m auseinander.

Livingstone fand im Nyassa 1859 einen See von hohem Wasserstande und demgemäß auch im Schire einen tiefen und breiten Strom. In den neueren Berichten kommen seit 1879 immer häufiger Angaben über Rückgang vor, der die Schiffbarkeit des Schire wesentlich erschwerte. Vom Ukerewe wird jetzt wieder Steigen angegeben, nachdem er seit 1880 um einen vollen Meter gefallen war.

In Veränderungen des unterirdischen Ablaufes haben auffallende, örtlich beschränkte Schwankungen ihren Grund, wie sie am Lüner See beobachtet werden, wo der Wellenschlag in die Kalkwände elf Strandlinien bis 7 m über dem Wasserspiegel gegraben hat. Solche Schwankungen, die bis zur gelegentlichen Trockenlegung gehen, gibt es in allen Kalk- und Karstgebieten. Erweiterung unterirdischer Abflüsse hat manches seengefüllte Thal im Kalkgebirge in eine „Polje" verwandelt, und auf der anderen Seite gibt es genug Beispiele von heftigen Überschwemmungen durch die Verstopfung der Ausflüsse. Ein See, der sich auf einer 2 qkm großen Wiese der Plaine des Rochers im Karst der Ostprovence bei starkem Regen bildet und langsam durch ein Trichterloch (embut) wieder abläuft, ist ein Beispiel der periodischen Seen solcher Gebiete.

Im Boden des Zirknitzer Sees sind 18 größere Trichteröffnungen, durch die bei Trocknis das Wasser in ca. 3 Wochen so abläuft, daß nur im westlichen Teile einige Tümpel stehen bleiben. Starkes

Regenwetter ist dagegen im stande, ihn in 2—3 Tagen, unter Umständen sogar in einem Tage, wieder zu füllen. Man kann sagen, daß er zu seinem Ablauf ungefähr zehnmal so viel Zeit braucht als zur Füllung, aber bei dieser Füllung sprudelt aus Quellen und Löchern im Seeboden so viel Wasser, daß es allein im stande sein würde, den See in einigen Tagen zu füllen. Früher hat sich das Wasser länger gehalten als jetzt, es blieb z. B. von 1714 an 7 Jahre, während es jetzt nicht über 2 Jahre sich hält. Auch der Abfluß geht jetzt rascher vor sich. Beim mittleren Wasserstande bedeckt die Wasserfläche 21 qkm, bei Hochwasser steigt sie fast auf das Dreifache. Der See liegt in dem gleichnamigen Thale in 542 m Höhe, darüber liegt das Schneeberg Laser Thal in 555 m, woher der See Zuflüsse hat, darunter das der Planina in 380 m, wohin der See Abflüsse hat. Ein Zirknitzer See im kleinen ist der Eichener See bei Schopfheim, der, in einer Einsenkung des Muschelkalkes liegend, oft erst nach Jahren, oft mehrere Male in einem Jahr erscheint, wobei er eine Tiefe von 3,5 m und eine Größe von 2,6 Hektar erreicht. Er rinnt dann langsam durch Spalten im Boden und durch oberirdische Adern ab.

B. Die abflußlosen Seen.

Inhalt: Die Natur der abflußlosen Seen. — Der Salzgehalt. — Halbabflußlose Seen. — Schwankungen und Rückgang der Endseen. — Sümpfe.

Die Natur der abflußlosen Seen.

Wo das Wasser eines Flusses oder eines Flußsystems keinen anderen Ausweg findet als die Verdunstung, entsteht ein Endsee oder abflußloser See. Ein solcher See wird durch die Verdunstung des Wassers salzreich — wir erinnern uns, daß süßes Wasser im Verhältnis von 121:100 leichter verdunstet als Salzwasser von der Dichte des Meerwassers — sein Wasserstand wird schwankend sein, in seinen Temperaturverhältnissen wird sich der Mangel der ausgleichenden Wirkung des Spieles zwischen Zu- und Abfluß zeigen, dagegen wird er Strömungen und Wasserschichtungen nach dem Gewichte zeigen wie das Meer.

Ein Abflußsee ist ein Glied, das in ein Flußsystem eingeschaltet ist, ein abflußloser See liegt immer am Ende eines Flußsystems, ist ein Endsee. So können wir den Aralsee als das verbreiterte, verdunstende Ende des Oxus und Jaxartes auffassen. Wenn das Klima einer Gegend trockener wird, reicht das Wasser in den Flüssen nicht mehr aus, die Verbindung zwischen Flüssen und Abflußseen zu unterhalten, die Seen empfangen noch Zuflüsse, geben aber keine Abflüsse mehr ab. Nicht bloß die Geschichte der Erde zeigt uns viele abflußlose Seen, die früher Abflußseen gewesen sind, auch die Gegenwart läßt uns Übergänge von der einen Art in die andere und Seen sehen, die zwischen beiden stehen. Man möchte kein entscheidendes Gewicht den Berichten der Chinesen beilegen, nach denen der Große Pamirsee oder der Siri-kul, heute Quellsee des Oxus, noch 1759 Salzsee gewesen sei. Aber geschichtlich ist es, daß der Tscharchalsee in der Kirgisensteppe mit einer Größe von 250 qkm bei 5,5 m Tiefe, der sich früher durch die Soljanka in den Ural ergoß, durch fortdauernde Verkleinerung seit 1887 seinen Abfluß verloren hat und abflußlos geworden ist, indem seine Ufer versumpften.

Seen ohne oberflächlichen Abfluß, die ihr Wasser stetig oder periodisch durch Sinklöcher oder Durchsickern verlieren, gleichen natürlich den Abflußseen durch den Wechsel des Wassers, das infolgedessen auch nicht salzig wird. In allen Karstländern, in durchlässigen Sandgebieten der Steppen und Küsten findet man sie, und vorübergehend oder wiederkehrend bilden sie sich auch an Gletscherenden. Eine ganz besondere Gattung sind darunter die Tümpel und Teiche auf Paßhöhen mit unbestimmter Wasserscheide. Sie liegen nicht am Ende, sondern ganz nahe beim Anfang eines Flußsystemes, sind klein, seicht, fließen bei Hochstand versumpfend in ihre meist moorige Umgebung über, sind einen großen Teil des Jahres gefroren, weshalb die Verdunstung ihres Wassers nur langsam vor sich geht, und verlieren außerdem Wasser durch die über sie hinfegenden Stürme. Auch sie entbehren daher der Eigenschaft starken Salzgehaltes, die sonst für abflußlose Seen bezeichnend ist.

Wenn abflußlose Seen fast süßes Wasser haben, so kann dies auch daher kommen, daß der größte Teil ihres Salzgehaltes bei starkem Rückgang auskristallisiert und mit Schlamm und Sand bedeckt wurde, so daß neu zufließendes Wasser das Salz nicht auflöste. So erklärt Sven Hedin die Salzarmut des nördlichen Lobnor im Tarimbecken. Ein Endsee im Endsee ist der Karabugas, jene Bucht am Ostrande des Kaspisees, in dem die Verdunstung am trocknen Ostrande des Kaspischen Sees und die starke Wasserzufuhr in seine westlichen und nördlichen Teile einen beständig fließenden Strom erzeugt, zu dessen Erklärung man durchaus keinen Abgrund braucht, wie er früher angenommen worden ist. Der Kaspische See ist vermöge dieses Anhängsels noch

Die abflußlosen Gebiete der Erde. Nach Neumayr, „Erdgeschichte".

nicht vollständig Endsee, denn aus ihm geht Wasser und Salz unaufhörlich in den Karabugas über, der seinerseits nur durch Verdunstung seinen Stand regelt. Während der Kaspische See vom Februar bis zum August steigt und dann wieder bis zum Februar sinkt, wobei ein Höhenunterschied von 0,37 m entsteht, steigt der Karabugas im Winter. Seine Schwankungen regelt die Verdunstung allein, daher enthält er eine wahre Mutterlauge, und Salzkrusten lagern sich auf seinem Boden ab. Da der unaufhörliche Strom in den Karabugas organische Wesen aller Arten trägt, die in der Mutterlauge großenteils rasch absterben und Massen organischer Niederschläge auf dem Boden des Meeres bilden, sind auch die Ablagerungen des Karabugas grundverschieden von denen des Kaspischen Sees.

Die geographische Verbreitung der abflußlosen Seen (s. die obenstehende Karte) läßt erkennen, daß die größten von ihnen an das Meer geknüpft sind, wie der Kaspische und der Aralsee. Viele von ihnen liegen heute unter dem Meeresspiegel, so der Kaspische See —26, wie denn fast alle Depressionen unter dem Meeresspiegel entweder Salzseen oder Salzsümpfe

enthalten. Andere liegen nur wenig über dem Meere, wie der Eyre- und der Torrenssee in Südaustralien, jener 1 m, dieser noch etwas weniger, der Aralsee 48 m. Daß aber auch hier die Hochebenen mit ihren mannigfachen Hemmungen des Wasserabflusses sich begünstigend erweisen, zeigen Zentralasien, das ostafrikanische Hochland und die Hochebenenlandschaften der Kordilleren: von den 274,000 qkm abflußlosen Gebietes in Südamerika nimmt allein das Becken des Titicaca 197,000 qkm ein; die Wasserfläche des Kukunor ist 7000 qkm, des Großen Salzsees von Utah 4700 qkm groß. Die wasserarmen Gegenden sind reicher an abflußlosen Seen als die

Der abflußlose See Sor-kul in den großen Pamir. Nach Reclus.

wasserreichen; in der Kalmückensteppe allein liegen gegen 3000 meist abflußlose Seen. Vorzüglich finden sich aber solche Seen, und zwar in bedeutender Größe, überall dort, wo aus den wasserreichen Regionen die Ströme nach den wasserarmen zu fließen, sich stauen und zu echten Endseen sich ausbreiten. Die Lage des Tsadsees und des Ngami, des „Landes voll bittersalziger Seen" (Strecker) am Südfuße des abessinischen Hochlandes, des Kaspischen und Aralsees, der Endseen des iranischen Hochlandes und so vieler anderer, die auf Grenzgebieten zwischen Feucht und Trocken liegen, der abflußlosen Seen auf den Hochländern der Anden und in Hochthälern der Hochgebirge und Hochebenen Innerasiens (s. obenstehende Abbildung) ist sehr bezeichnend für die Entstehungsweise abflußloser Seen. Vereinzelt und klein sind die abflußlosen Seen in Gebieten, wo Erdfälle häufig sind und Salz- oder Gipslager ausgelaugt werden. Deutschland besaß sie einst in den Mansfelder Seen; Sizilien hat in dem 1,8 qkm großen Lago di Pergusa bei Castro Giovanni einen abflußlosen See mit 8 Prozent Salz.

Der Salzgehalt.

Der Salzgehalt der abflußlosen Seen schwankt von einem kaum merklichen Zusatze, der dem Trinkenden erst im Vergleiche mit reinem Quellwasser fühlbar wird, bis zur absoluten Sättigung, die im Tuz-Tschöllü in Kleinasien, in dem Roten See auf der Landenge von Perekop, in einem kleinen See am Ararat über 30 Prozent Salzgehalt hinausgeht. Der Kaspisee hat in der Gegend der Wolgamündung fast süßes Wasser, bei Baku 1,3 Prozent Salz, der Aralsee hat 1,08, die Bitterseen der Sueslandenge 5,4, der Große Salzsee 18,6, das Tote Meer

Die Nordküste des Toten Meeres. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 179.

23,7 Prozent Salz. Dieses Salz kann in einzelnen Fällen aus dem Salzgehalte des Meeres stammen, durch dessen Abschnürung ein Salzsee entstanden ist, in anderen aus der Auslaugung von Salzlagern, wie in den Mansfelder Seen und wie, nach Brakenbuschs Erklärung, in Salzseen des westlichen Pampasgebietes. Aber die meisten Salzseen sind das Ergebnis der Trockenheit eines Klimas, wo sich der Wüstensand und die durstige Atmosphäre „wie Wölfe um das Wasser reißen“. Dabei ist das Salz der Steppenseen nicht einfaches Erzeugnis der Verdunstung des unmittelbar zufließenden Süßwassers. Dieselbe Verdunstung wie in den Endseen geht in jedem Kubikzentimeter Steppenboden vor sich, der infolgedessen mit Salz getränkt ist und Salz an die oberflächlichen Gewässer abgibt. Die Salzseen sind also nicht Erzeugnis eines örtlichen, sondern eines weitverbreiteten Verdunstungs- und Versalzungsvorganges. In den westlichen Pampas sind nach einer Woche heißen Wetters weite Strecken weiß wie nach einem schwachen Schneegestöber, dessen Flocken der Wind in Vertiefungen zusammengeweht hat. Begreiflich ist es

darum, daß dort jeder Regenbach zu einem kleinen Rio Salado wird. Nicht selten kommen, wie in der Kalmückensteppe, zwei Wasserhorizonte übereinander vor, ein salziger über einem süßen. Auch der Boden der australischen Seenregion ist überall durchsalzen, was aber nicht ausschließt, daß aus größeren Tiefen Süßwasserquellen hervorbrechen. Trotzdem sind die Seen Salzseen, ausgenommen nach sehr ausgiebigen Regengüssen, wo sich an der Oberfläche Süßwasser sammelt. Auch in den Flüssen dieser Region tritt erst weit oben im Laufe Süßwasser auf.

Vom Torrens- und Gairdnersee in Australien und von ihren Nachbarseen schrieb ihr Erforscher H. Babbage: „Alle diese Seen sind salzig und mehr oder weniger mit seichtem Wasser gefüllt, das seine bewaldeten Ufer widerspiegelt und mit dem trügerischen Zauber der Fata Morgana niedrige Bänke zu hohen Klippen erhebt. Viele liegen trocken oder bergen ihr Wasser unter meterhohem feuchten Schlamme." Ferner schildert Warburton das trockene Bett des Lake Eyre bei der Einmündung des Barku oder Cooper Creek: „Das trockene Bett des Lake Eyre lag vor uns schrecklich in seiner totenähnlichen Stille und der weiten Ausdehnung seiner ununterbrochenen Öde. Der müde Wanderer, der, von Durst geplagt, unerwartet an diese Ufer kommen sollte, würde sich mit Schaudern von einem Anblick abwenden, der alle Hoffnung ausschließt." Vgl. auch die Abbildung, S. 178.

Aus den gesättigten Salzlösungen mancher Endseen kristallisieren die Salze aus, die als dünne Kruste, den Eislamellen vergleichbar, auf der dicken Flüssigkeit schwimmen oder sich als größere Massen zu Boden setzen. Aber nicht bloß Kochsalz scheidet sich in dieser Weise, und zwar oft in schönen Kristallen, ab, sondern aus dem Großen Salzsee zum Beispiel kristallisiert bei 0° Glaubersalz (Natriumsulfat) aus, und als 1856 im Küstengebirge Kaliforniens der Boraxsee entdeckt wurde, den ein Wall vulkanischer Auswürfe vom Clearsee trennt, fand man eine mächtige Schicht kristallisierten Boraxes auf seinem Boden. Oft schieben sich die Salzkrusten dicht übereinander und bilden eine weiße Decke über dem See, ihrer Mutterlauge. In der Mitte der persischen Salzwüste liegt, vom 34. Grad nördl. Breite geschnitten, ein Salzlager aus 3 m dicken, würfelförmig zerspaltenen Salzmassen. Durch darübergewehten Staub ist die obere Salzschicht schmutzig, während die untere in der Mutterlauge ruht; nur die mittlere wird ausgebeutet.

Halbabflußlose Seen.

Viele scheinbar abflußlose Seen haben entweder Abflüsse im Seeboden oder überschwemmen zeitweilig ihre Umgebungen, oder es tritt ein Teil ihres Wassers in ein mit ihnen verbundenes Becken ein, wo es verdunstend einen Salzsumpf erzeugt. Der scheinbar abflußlose See entbehrt dann des Salzgehaltes oder hat nur so wenig Salz wie der Kaspische See, der Tanganyikasee und andere. Als die Verbindung eines salzarmen Sees mit einem solchen Anhängsel haben wir als ein äußerstes und tiefstes Becken des Kaspischen Sees bereits den Karabugas kennen gelernt; der Titicaca entleert seinen Wasserüberfluß in den Sumpf Pampa de Aullagas durch den Desaguadero, der Lobnor in die ihn umgebenden Salzsümpfe, der Tsadsee zeitweilig im Bahr el Gasal vielleicht bis zu der Landschaft Borgu hin, in deren Boden der Salzreichtum auffallend ist. Westlich vom Kenia liegt der Naiwaschasee, der abflußlos, aber in der Regenzeit mit süßem Wasser gefüllt ist; wahrscheinlich verliert er einen Teil seines Wassers unterirdisch. Das größte Rätsel gab der Tanganyikasee auf, bis man seine Doppelnatur erkannte.

Der erste europäische Entdecker, Burton, sah im Tanganyika einen „volcano of depression" und schloß nach der Erforschung, die er mit Speke in der Nordhälfte angestellt hatte, und den Aussagen der Araber, daß dieser See vollkommen abgeschlossen sei; daß sein Wasser dennoch süß war, erklärte er mit der Annahme, daß den salzigen Bestandteilen dieses Wassers gerade das fehle, was den salzigen Geschmack bedinge! Livingstone beobachtete in tiefen, durch Wasserpflanzen fast abgeschlossenen Buchten einen brackigen Charakter des Wassers, der aber sogleich schwand, wenn man das offene Wasser des Sees erreichte. Er

vernahm, daß der See besonders an der Ostseite sich auf Kosten des Landes vergrößere und hörte von Inseln, die in Menschengedenken noch festes Land gewesen waren. 1869 sagte er: „Wäre nicht die Strömung, so würde der See salzig sein." 1871 scheint er an einen Ausfluß nach dem Lualaba geglaubt, denselben aber fälschlich in den Logumba verlegt zu haben, der in Wirklichkeit in den See mündet. Aber Cameron, der 1874 den See in einer Zeit starker Zunahme besuchte, beschrieb zuerst den Lukuga mit Worten, die vermuten ließen, daß er der zeitweilig versumpfende Seeabfluß sei. Als 1878 der Spiegel des Sees noch 2,4 m über den Stand von 1874 gestiegen war, brach das Seewasser sich seinen Weg im Bette des Lukuga, und angeblich so plötzlich, daß eine starke Überschwemmung im Kongogebiete stattfand. Wissmann sah 1883 im Lukuga einen Abfluß, der mit gewaltiger Strömung große Wassermassen dem Lualaba, der Lebensader des äquatorialen Afrika, zuführt. Er maß 145 m Breite, 4 m durchschnittliche Tiefe und die beträchtliche Geschwindigkeit von 1 m in der Sekunde.

Als R. Böhm den Tanganyika im Juni desselben Jahres besuchte, fand er überall eine alte Niveaumarke des Sees mindestens 4 m über dem jetzigen Wasserspiegel. Sie war genau bezeichnet durch die unterhalb vollständig nackten, vielfach gerundeten oder auch mit seitlichen, scharf eingeschnittenen und reihenweise angeordneten Strudellöchern versehenen Felsen. Der Rückgang war jedenfalls nicht alt, denn es standen noch die abgestorbenen alten Bäume auf dem mit Konchylienschalen bestreuten Uferboden, und nur junges Unterholz war begrünt. An flachen Küstenstellen wuchsen Sandbänke zusehends an oder tauchten neu auf. Die Spuren starker Wasserwirkung an den jetzt wieder aufgetauchten Felsen deuteten an, daß früher schon ähnliche Schwankungen vorgekommen waren, daß ältere Strandlinien, die untergetaucht waren, wieder hervortraten. Das Fallen des Sees war 1886, als Wissmann ihn zum zweiten Male besuchte, fortgeschritten. In demselben Jahre bezifferte der Missionar Hore den Betrag, um den der See in den letzten 8 Jahren gefallen war, auf 4,5 m. 1900 sah Moore den Tanganyika 8 m unter dem Stande von 1880, so daß sich an manchen Stellen 1 km breite Streifen Kulturland gebildet hatten; aber noch floß der Lukuga aus dem See heraus.

Schwankungen und Rückgang der Endseen.

Es liegt in der Natur der Endseen, daß sie viel größere Schwankungen erleiden als die Abflußseen, in denen Zufluß und Abfluß sich immer wieder ins Gleichgewicht setzen. Besonders sind die Endseen oft dauernden Rückschwankungen unterworfen, die natürlich von einer Verdichtung ihres Salzgehaltes begleitet sind. Beispiele verschwundener und wieder entstandener Endseen sind durchaus nicht selten. Fast jeder größere abflußlose See, den wir kennen, ist von Anzeichen einer größeren Ausdehnung umgeben, und nicht selten erkennen wir noch die Spuren eines gemeinsamen Beckens, aus dem durch Rückgang mehrere kleinere hervorgegangen sind; so sieht man im Salzsee von Utah, im Utahsee, im Seviersee Reste des alten sogenannten Bonnevillesees. Der heutige Goktschaisee in Armenien füllt nur 1370 qkm von den 4750 qkm des alten Beckens. Auch der Kaspisee ist in einem langsamen, unregelmäßig schwankenden Rückgange begriffen. Bei Baku sind kaspische Ablagerungen 60 m über dem heutigen Spiegel des Sees und Spuren eines älteren aralokaspischen Zusammenhanges 113 m hoch nachgewiesen; er stand noch 1820 vielleicht 2 m höher als jetzt. Beim höchsten Stande, dessen Ernährer wohl die Schmelzwasser des großen Inlandeises waren, reichte die gewaltige Wasserfläche bis Kasan und Simbirsk. Kleinere fortdauernde Schwankungen von wahrscheinlich periodischem Charakter haben wir S. 173 kennen gelernt.

Afrika bietet uns mit seinem kontinentalen, trockenen und unterschiedreichen Klima eine ganze Reihe von Beispielen großer Schwankungen abflußloser Seen.

Die Nachricht, daß der Ngamisee, den Livingstone 1850 als eine 800 qkm bedeckende Wasserfläche gesehen hatte, ausgetrocknet sei, bewährte sich zwar nicht ganz, wohl aber gab schon Schinz an, daß er von Jahr zu Jahr mehr eintrockene, was besonders an den weit vom jetzigen Seerand gelegenen Fischotterhöhlen zu erkennen sei. Ein 6—7 km breites Rohrdickicht bedeckte zu seiner Zeit die sumpfigen

Ränder des Sees, und der von Nordwesten kommende Okavango bildete einen Sumpf, d. h. ein verwickeltes System sich vielfach verzweigender Wasserläufe. Nachrichten aus dem Jahre 1899 besagen, daß nun an die Stelle des Sees eine unabsehbare Schilffläche getreten sei, und geben als die nächste Ursache die Verstopfung des Unterlaufes des Okavango an. Eine beträchtliche Tiefe hatte dieser See nur auf der Ostseite, wo ihn der ruhig fließende Tsuga verläßt, und von dort aus dürfte er auch wohl in einigen Jahren sich wieder ausbreiten. Eine schwankende Existenz hat auch der Tsadsee, dessen Umwohner häufig wegen der Veränderungen des Seestandes ihre Wohnplätze verändern müssen. Als Eduard Vogel in Bornu war, verschlangen die Wellen die Hälfte der Stadt Ngornu südöstlich von Kuka, der damaligen Hauptstadt des Reiches Bornu, und gleichzeitig kamen Budduma (Inselbewohner des Tsadsee) nach Kuka, um vom Scheich die Erlaubnis zur Ansiedelung am Festland zu erbitten, da eine der größten Inseln im Tsadsee von den Wellen verschlungen worden war. Zu Barths Zeit (1854) war südlich von Kuka der Boden einer großen fruchtbaren Ebene plötzlich mit allen Bewohnern in den anwachsenden See gesunken. Von einer erneuerten Steigung des Sees, 1866, berichtete Rohlfs, der sie „die größte seit Menschengedenken“ nennt. Solche Schwankungen machen die Widersprüche in den verschiedenen Karten verständlich, die von Denham bis Nachtigal vom Tsadsee entworfen worden sind, ebenso wie die Unterschiede in den Darstellungen des Schari-Deltas im südlichen Tsadsee bei Denham und Barth. Wir können aber aus der Gestalt des Sees und seiner Umgebungen schließen, daß er noch viel größere Umgestaltungen erfahren hat. Die breite Senke des Bahr el Gasal führt nordöstlich vom See in das tiefgelegene Gebiet von Bodele, wohin „weniger als 100 Jahre“ vor dem Besuche Barths der Tsadsee abfloß. Nachtigal fand nach einem hohen Stande des Tsadsees 1873 das Wasser 80 km weit in dieser Senke vorgedrungen.

Manche mit Salzausblühungen bedeckte, beckenförmige Vertiefung in der nordafrikanischen Wüste zeigt Spuren von einstiger Wasserbedeckung. Schon die Sebka von Oran bedeckt 320 qkm eines abflußlosen Beckens. Der Palus Tritonis der Alten, die Schotts Melghir und Firaun hinter der Bucht von Gabes empfingen einst den Fluß des Wadi Igarghar; jetzt sind aus dem Mündungssee weit voneinander getrennte Salzbecken geworden. Eduard Vogel hat zuerst die Natronseen von Fessan untersucht, die an der Nordseite des Wadi Schergi in einem Sandhügellande liegen. Dünenhügel bis zu 160 m schauen auf sie herab. Die Seen sind nicht unergründlich, wie wegen ihrer dunkeln Farbe die Einheimischen wähnen, sondern eher seicht. Vogel maß nicht über 8 m Tiefe. In Ostafrika gibt es Zeugnisse für einen größeren Rückgang der abflußlosen Seen, den Hans Meyer mit einer nacheiszeitlichen Austrocknung des Landes in Verbindung setzt. Nehmen wir die beiden Großen Seen mit zeitweiligem Abfluß, Nyassa und Tanganyika, so sind bei jenem die Zeugnisse einer einst größeren Ausdehnung im Norden verbreitet, und der Tanganyika zeigt ebenfalls Spuren eines höheren Standes. Besonders deutlich aber sind die Beweise für vollständige Austrocknung von Seebecken zwischen dem Nyassasee und dem Kondeland. Die Wemberesteppe im östlichen Unyamwesi umschließt Seeablagerungen, die Stuhlmann in Verbindung mit dem Ukerewe setzt. Reste von ausgetrockneten Seen findet man in Usagara und Ukami. Die Seen des Kilimandscharogebietes machen den Eindruck, nur Reste von viel größeren Seen zu sein. Dasselbe gilt von den Seen des ostafrikanischen Grabengebietes, in deren ferneren Umgebungen, am Stephaniesee, sogar 40 m über dem Seespiegel, die Reste seebewohnender Muscheln vorkommen; auch der Rudolfsee trägt Anzeichen eines nicht sehr entfernten Steigens und Sinkens.

Australien zeigte noch in den letzten Jahrzehnten auffallende Schwankungen der Seen.

Anfang der 50er Jahre lag an der Stelle, wo heute der Georgesee in Neusüdwales an einigen Stellen 8 m tief steht, ein Sumpf, an dessen Rändern alte Bäume anzeigten, daß seit vielen Jahrzehnten keine Wasserfläche sich hier ausbreitete. Auch 1859 lag dieser See trocken, sodann füllte er sich wieder und hatte 1871—82 einen besonders hohen Stand. Seeterrassen deuten auf noch höhere Wasserstände in früherer Zeit. So überschritt Stuart nördlich vom Watson-Creek in ca. 18° südl. Breite eine grasbedeckte Ebene voll tiefer Spalten und Löcher, die durch das dichte Gras um so gefährlicher waren: die reichliche Alluvialerde und die Anhäufungen von Süßwassermuscheln ließen keinen Zweifel, daß man es hier mit einem ausgetrockneten See zu thun hatte. Gewöhnlich bleibt aber in einiger Tiefe Wasser zurück, und immerhin gehören die Seeregionen zu den bewohnbareren, zukunftsvolleren Teilen Australiens; denn wenn auch die Seen selbst salzig geworden sind, treten doch in ihrer Umgebung oft zahlreiche süße Quellen auf, deren Zuflüsse nach diesen tiefstgelegenen Punkten rinnen. Zahlreiche Seen, welche die

Ansiedler im südöstlichen Australien ausgetrocknet fanden, wurden durch Einleitung des süßen Wassers und durch Staudämme in wertvolle Wasserbehälter verwandelt.

Das Hufeisen, in dessen Form noch bis um 1855 der Eyresee in Südaustralien auf den Karten erschien, eines der auffallendsten Merkmale des damals noch leeren Inneren auf den Karten von Australien, wurde Ende der 50er Jahre dadurch zerschnitten, daß eine Reihe von Reisenden trockenen Fußes diesen großen Seebogen durchschritt. Damals schrieb Petermann in den „Geographischen Mitteilungen" von 1867: „Man könnte fast bedauern, das seit Eyres Zeit eingebürgerte Hufeisen verschwinden zu sehen, denn an die Stelle dieser Einheit trat ein unklares Gewirr von einzelnen kleineren Seebecken, deren Ausdehnung, Begrenzung und Lage vielfach noch unbekannt bleiben." Diese Verwirrung löste sich 1866 durch die Reisen Warburtons und der deutschen Missionare Walder, Kramer und Meisser am Nordende des Eyresees, um einer ganz bestimmten geographischen Vorstellung Platz zu machen, die in den natürlichen Hindernissen, Versumpfungen, Ausbreitungen der dem Meere zustrebenden Gewässer und vor allem des Cooper-Flusses die Ursache von Schwankungen erkennen ließ, die recht wohl noch vor wenigen Jahrzehnten den Eyresee um das Doppelte und Dreifache anfüllen mochten.

Unter den abflußlosen Seen Amerikas hatte der Große Salzsee von Utah einen Tiefststand im Jahre 1865, einen Höchststand 1872—74 und ist seit langem nun wieder im Rückgang, der durch die Benutzung der Zuflüsse zu Bewässerungszwecken natürlich immer mehr beschleunigt wird.

Auch kleinere Abflußseen dieses Gebietes sind ähnlichen Schwankungen unterworfen, die beim Pyramid Lake und dem See von Winnemuka zeitlich mit denen des Großen Salzsees zusammenfallen. Vom Titicaca wird behauptet, daß er seit der Eroberung Perus durch Pizarro nur abgenommen habe; seine Wellen bespülten damals die Mauern von Tiahuanaco, das jetzt 22 m darüber liegt. Auch sonst sieht man am Titicaca Strandmarken und Muschelreste, die auf höheren Stand deuten, und starker Rückgang scheint noch in den 90er Jahren beobachtet zu sein. Ob der verhältnismäßig kleine Endsee Aullagas, in dem die durch den Desaguadero dahin geführten Wasser des Titicaca versinken und verdunsten, einem so stetigen Rückgang unterworfen ist, wie manche Beobachter sagen, kann angesichts einiger starken Anschwellungen, die er dazwischen erfuhr, nicht ohne weiteres bejaht werden.

Die kleinsten abflußlosen Seen sind die Wasserlöcher, die wir in allen Felsenregionen, auch in unseren Gebirgen, finden. Das Wasser steht hier in natürlichen Zisternen, zu deren Bildung schalig verwitternde Gesteine, wie Granit, gerne neigen. Stürme und starke Regengüsse, die Teile davon herausschleudern, sorgen, daß es nicht salzig wird, doch nimmt es wohl erdigen Geschmack an. Schon in den wasserarmen Höhen unserer Kalkalpen sind solche Behälter eine Wohlthat für Menschen und Tiere, so z. B. das Vogelbad im Kaisergebirge. In Trockengebieten werden sie höchst wichtig und wertvoll. In Australien unterscheidet man Wasserlöcher im Fels, die oft gletschertopfähnlich ausgestrudelt sind und meist in Schluchten und auf Pässen liegen, ferner Wasserlöcher über den Barren der Rinnsale, wo Steinschwellen den Abfluß des Wassers hemmen, das dann Vertiefungen im Kiesbette bildet und ausfüllt, und endlich Wasserlöcher in schlammbelegten seichten Vertiefungen der Flußbetten. Auch Ostafrika ist reich an solchen Wasserlöchern. In Südafrika erscheinen sie unter dem burenholländischen Namen „Vlei" auf der Karte.

Sümpfe.

Große Regengüsse bewirken in flachbeckigem Lande, das leichten Abflusses entbehrt, Überschwemmungen, die erst den Boden durchsumpfen, und bei fortdauerndem Wasserzufluß werden daraus seichte Seen. In Afrika ist so mancher See, den die Karten nach flüchtigen Beobachtungen zeichneten, als das Erzeugnis einer einzigen Regenzeit erkannt worden. Dazu gehörte auch der Tuborisee, von dem Eduard Vogel die erste Kunde gab; er ist aus gewaltigen Überschwemmungen der trägen Zuflüsse des zum Benuë gehenden Kebbi entstanden, die zeitweilig bis zum Flusse von

Logon, der zum Schari geht, reichen und eine vorübergehende Stromgabelung erzeugen. Ferner gehören dahin manche schwankende Seen auf der südöstlichen Kongowasserscheide, wo zuerst Livingstone neben dem merkwürdigen Dilolosee, der angeblich zum Sambesi und zum Kassai fließt, „endlose, temporäre Regenzeit-Seen“ beschrieben hat, und wo später der fabelhafte Sankorrasee aus der zeitweiligen Vergrößerung kleiner Seen im Lubilaschgebiet entstanden ist. Große Seen, welche die Überlieferung an den Fuß des Kinibalu in Borneo verlegte, scheinen nichts anderes zu sein. In feuchten Ländern bleibt an solchen Stellen der Boden unter dem Einflusse des langsamen Abflusses dauernd sumpfig, und die Flußarme machen langsam, an Breite ungemein veränderlich und vielverzweigt, ihren Weg durch das Mittelding von See und Sumpf.

Der Spreewald als Typus eines mitteleuropäischen Waldsumpfes. Nach Photographie.

In Europa ist die größte Erscheinung dieser Art die Sumpflandschaft der Poljesje, die gewöhnlich als das Dreieck Brest Litowsk-Mohilew-Kiew begrenzt wird; sie umschließt gegen 90,000 qkm. Ihr größter Teil gehört dem Gebiete des Pripet an, doch greift sie in die Gebiete von Dnjepr, Beresina und Bug über, so daß jene Begrenzung nur einen andeutenden Wert hat. Von Natur am festesten begrenzt ist die Landschaft im Süden und Norden, dort durch das wolhynische Hügelland, hier durch die seenreiche Bodenschwelle zwischen Dwina und Njemen. Flache Aufwölbungen zwischen beiden Höhenzügen machen aus dem Ganzen einen „flachen Teller mit aufgebogenen Rändern“ (Schilinski); die Aufbiegung ist besonders stark im Osten bei Mosyr; das Hauptgefälle geht nach Süden, dem Dnjepr zu, aber die Versumpfung erreicht das größte Maß zu beiden Seiten des Pripet, der auf seinem 600 km langen Laufe von der Quelle (174 m) bis zur Mündung nur 70 m Fall hat. Wasserfülle, langsamer Lauf, niedere Ufer, versumpfte Umgebungen zeichnen den Pripet und seine Nebenflüsse aus. Wenn im März die Südzuflüsse anschwellen, führt der Pripet noch Eis, so daß Stauung und Überschwemmung eintreten, die noch verstärkt werden durch die

Verengerung seines Thales im unteren Teil bei Mosyr. Daher folgen weitere Überschwemmungen, die bis in den Sommer dauern. Der an manchen Stellen 7 m dicke moorige Sumpfboden ruht auf schwer durchlässigen Lehm-, Mergel- und Kreidegesteinen, die von Glazialschutt überlagert werden; auch dieser Boden trägt zur Sumpfbildung bei. Vor 30 Jahren waren fast fünf Sechstel dieser Fläche Sumpfland, zur Hälfte bewaldetes; seit 1873 macht die Trockenlegung beständige Fortschritte.

Der Bangweolosee in Zentralafrika. Nach P. Weatherley.

Sumpfbildung setzt schwer durchlässigen Boden voraus; sie ist selten auf Kalkboden, am häufigsten auf thoniger Unterlage. Deshalb sind Sümpfe häufig auf dem afrikanischen Granit, der sich in schwer durchlässigen Laterit zersetzt, auf dem thonreichen Moränenboden, auf dem dichten mergeligen Seeabsatz, den man Seekreide nennt. Thon oder Mergel unterlagert jedes Moor der norddeutschen Moränenlandschaft. Auch die Schneeabsätze schaffen mit der Zeit einen dichten Untergrund für jene kleinen, vorübergehenden Seen und dauernden Sümpfe, die sich in den flachen Becken der Kalkgebirge unserer Zone aus dem Schmelzwasser der Firnflecken bilden.

Der See, dessen Becken sich auffüllt, geht natürlich durch das Stadium des Sumpfes zum trockenen Land über. Seen sind nicht bloß an den Stellen, wo Flüsse einmünden, versumpft, sondern auch sonst an ihren Rändern. Den Bangweolosee umgeben 30—80 km breite Sumpfränder im Osten und Süden (s. die obenstehende Karte). Diese Art von Versumpfung schreitet auf doppeltem Wege fort, einmal durch Aufschüttung des Seebodens bis zum Wasserspiegel durch die Niederschläge des Sees und seiner Zuflüsse, und dann durch die Steigerung des Wasserstandes, den dieselben Niederschläge bewirken, indem sie den Seeboden erhöhen. Daß dabei auch Senkungen, wenigstens von örtlicher Ausdehnung, mitwirken, beweist

die Tiefe solcher Anschwemmungen und ihrer organischen Ablagerungen. In dem aufgefüllten Seebecken südlich vom Chiemsee kommen Torflager von 8 m Mächtigkeit vor. Ist nun ein Seebecken ganz ausgefüllt, dann schneidet derselbe Fluß, der diese Arbeit besorgt hat, in die Anschwemmungen sein Thal, und indem er dasselbe vertieft, trägt er vielleicht dazu bei, das Schwemmland trocken zu legen: eine natürliche Entsumpfung.

In niederschlags- und vegetationsreichen Gebieten treten Moore und ähnliche Bildungen sumpferzeugend auf. Der Vorgang ist immer der, daß auf undurchlässigem Boden, der oft die größte Ähnlichkeit mit der Seekreide (s. oben, S. 169) hat, sich Wasser von so geringer Höhe ansammelt, daß der Pflanzenwuchs aus Gräsern und Moosen, besonders Sphagneen, darunter

Ein südkarolinischer Waldsumpf mit Taxodien. Nach Photographie von E. Deckert.

fortschreiten kann und seine Reste und Abfälle unter der Wasserdecke sich erhalten. Solche Moore bilden sich besonders häufig im kalt-feuchten Klima und auf dem thonreichen Glazialboden des gemäßigten Erdgürtels. In den Tropen kommt es nicht zu eigentlicher Moorbildung und, wegen Wasserarmut, noch weniger in den Passatländern. In Deutschland wird die Moorfläche auf 23,000 qkm veranschlagt, wovon noch die Hälfte unkultiviert ist; die Reste von viel ausgedehnteren Mooren liegen heute in Wald, Heide und Kulturland.

In den niederschlagreichen Südwestgebieten Chiles treten scharf abgegrenzte Sümpfe im Waldgebiete auf, denen die Eingeborenen den unerklärten Namen Nadis beilegen. Wurzelfilze von Cyperaceen, bis 0,5 m hoch, bilden den Boden, auf dem ein zwerghafter Bambus, Chusquea, wuchert. Nach regenreichen Zeiten bedeckt sie ein schwarzer Morast, aber in Trockenzeiten kann man sie, von einem Grashügel zum andern springend, durchschreiten.

Tundren der polaren Gebiete Eurasiens und Nordamerikas sind moos- und flechtenbewachsene flache oder wellige Länder, deren Boden in geringer Tiefe Eis ist und deren Oberfläche eben deshalb an vielen Stellen in der warmen Jahreszeit versumpft. Seen und vielgewundene Flüsse durchschneiden die Tundren.

Eine besondere Art von Sümpfen sind die abflußlosen, die sehr verbreitet und zugleich nicht selten sehr ausgedehnt sind. Da ihnen die natürliche Wasserableitung der Flußsümpfe fehlt, wechseln sie nach Ausbreitung und Wassergehalt und sind salzhaltig wie die abflußlosen Seen. Die Entstehungsursachen beider sind so nahe verwandt, daß abflußlose Seen und Sümpfe in vielen Fällen gar nicht zu trennen sind. In Iran z. B. mündet der Hilmend in einem großen Sumpfgebiete der Landschaft Seistan, wo man einmal zwei Hamun- oder Zireseen von dem umgebenden Sumpfland deutlich unterscheiden kann, während wieder in Zeiten der Anschwellung das Ganze ein großes Binnenmeer ist. So hatten dort den Berg Kuh-Kwajah am Hamunsee einige Reisende mit vollem Recht als Insel beschrieben, den dann 1872 Lovett wieder trockenen Fußes erreichte. Der 80 km lange Salzsumpf westlich vom Kilimandscharo wird zum Teil von warmen Quellen gespeist, die am Fuße des Vulkangebirges hervorbrechen.

In den Steppenländern von Turan nennt man Takyr die flachen Becken mit dunklem, salzigem, im Sommer parkettartig glattem und hartem Schlammboden. Im Frühling füllen sie sich mit Schmelzwasser, welches Salz auflöst und verdunstend einen vegetationslosen Boden zurückläßt. Schor nennt man solche Becken, die eigentliche Salzsümpfe sind, mit Salzkrusten von mehreren Zentimetern Dicke. Obrutschew hat bei Kisil-Arwad ein solches Takyrbecken in 20 Minuten sich zum seichten See verwandeln sehen. Ähnliche Bildungen sind in Australien die Thonpfannen, flache Seenbecken, die den größten Teil des Jahres kein Wasser haben; ihr mittlerer Durchmesser beträgt in der zentralaustralischen Wüste 45—90 m, steigt aber bis zu 12 km. Feiner Schlamm deckt ihren Boden und zerspringt trocknend in vieleckige Fladen. In manchen mag Grundwasser aufsteigen, die meisten sammeln Regenwasser, das sich selten länger als 2 Monate hält. Ihre große Veränderlichkeit ist der Grund manches irreführenden Gerüchtes über wasserreiche Seen im trockenen Inneren Australiens.

C. Die Verbreitung und Geschichte der Seen und ihrer Anwohner.

Inhalt: Die geographische Verbreitung der Seen. — Die Entstehung der Seen. — Die Geschichte der Seen und ihrer Anwohner. — Die Seenlandschaft.

Die geographische Verbreitung der Seen.

Es gibt Seenzonen auf der Erde: das sind die mit reichen Niederschlägen ausgestatteten tropischen und gemäßigten Zonen. Die kalten und die Passatzonen haben dagegen fast gar keine Abflußseen aufzuweisen, weil sie höchstens nur zeitweilig fließende oder ganz kurze Flüsse haben. Eisbedeckte Länder bieten nur an ihren Rändern Raum zur Entwickelung von Strandseen oder zu Gletscherseen zwischen dem abschmelzenden Gletscherende und einem Moränenwall. In der Tropenzone und den gemäßigten Zonen bilden sich dagegen Seen überall, wo die Bodengestalt die Becken bietet, in denen Wasser zusammenrinnt. Der große Seenreichtum des tropischen Afrika zeigt, wie die Bodengestalt eines durch Einbrüche gleichsam durchlöcherten Hochlandes günstig wirkt. Südamerika und Südasien sind reicher bewässert, aber der Wasserabfluß rinnt in Strömen ab oder sammelt sich in Sümpfen. Nur die Andenhochländer und die Gebiete alter Vergletscherung haben in Südamerika größere Seen. In engerem Rahmen zeigt Europa, daß Seen sich überall da entwickelten, wo reichliche Niederschläge auf einen Boden fallen, der beckenförmige Vertiefungen hat und nicht so stark geneigt ist, daß das Wasser gezwungen wäre, rasch abzufließen. Sie ziehen also zunächst Tiefebenen und Hochebenen vor, kommen aber außerdem ganz regelmäßig in vulkanischen und Einsturzgebieten vor.

In Deutschland stehen Seen in größerer Zahl überall dort, wo sein Boden hochebenenhaft wird. Am Nordrande der Alpen und auf jenem Höhenrücken, der den südlichen Rand der

Ostsee umzieht, ist Deutschland am reichsten an Seen. Es ist ebenso bezeichnend, daß dies bei des Gebiete großer Anhäufungen von glazialem Schutt sind. Unsere größeren Seen liegen in den Betten alter Gletscher oder im Schutt, den die Gletscher hinterlassen haben. Auch im einzelnen erkennt man diese Abhängigkeit; wie die alten Endmoränen konzentrisch hintereinander liegen, so liegen die Seen reihenweise hinter ihnen. Wo Moränenwälle aus Gebirgen auf vorgelagerte Hochebenen heraustreten, wiederholt sich dieses Bild. Der kleine Kara-kul und der Jeschi-kul der Pamir, deren Moränenseecharakter Sven Hedin nachgewiesen hat, gleichen daher auch in der Lage den Randseen der Ostalpen. Wo reichlich Schutt liegt, ergibt sich immer die Gelegenheit zu Stauungen des fließenden Wassers, daher auch der Seenreichtum an den von Sanddünen durchzogenen Küsten. Gehen wir ins einzelne, so finden wir noch viel bestimmtere, lehrreichere Zusammenhänge zwischen einzelnen Seen und besonderen Gletschern. Wenn wir sagen, daß der Genfer See im Bett des Rhone-, der Bodensee in dem des Rhein-, der Würmsee in dem des Isargletschers, der Gardasee in dem des alten Etsch- und Sarcagletschers liegt, so ist damit auch schon eine gewisse Größenbeziehung ausgesprochen, denn den größten diluvialen Alpengletschern entsprechen die größten unter den alpinen Vorlandseen.

Die Karstländer haben einzelne **dauernde** Seen in jenen großen, flachen, breitsohligen Karstwannen, die man Polje nennt. Sie werden zum größten Teil vom Grundwasser gespeist und in den meisten Fällen auch nach unterirdischen Hohlräumen durch mächtige Quellöffnungen entwässert. Solche Seen wie der Zirknitzer bilden den Übergang von den dauernden zu den zeitweiligen Karstseen. Zu den merkwürdigsten dauernden Karstseen gehört der Vranasee auf der Insel Cherso, der in 250—300 m hohen Kalkbergen eingebettet und vom Meere durch eine niedere Hügelreihe getrennt ist: ein Süßwassersee ohne sichtbaren Ab- und Zufluß, dessen Spiegel 16 m über, dessen Boden 21 m unter dem Meere liegt, und dessen Temperatur so niedrig ist, daß sie unterirdische Zuflüsse aus höher gelegenen Gebieten voraussetzt. Auch die Seengruppe des Beckens von Jannina (Balkanhalbinsel) gehört hierher. Wohl speisen auch oberirdische Bäche diese Seen, aber eine große Zahl von Quellen ergießt sich in sie, und unterirdisch ist zum größten Teil der Abfluß.

Küstenseen aus abgeschnürten Meeresteilen und aus aufgestauten Flußmündungsarmen liegen in den Küstentiefländern. Das seenarme Australien, das selbst in seinen einst vergletscherten Gebirgen wenig Seen aufweist, hat in der südaustralischen Seenregion, getrennt durch niedrige Erhebungen, Seen unter dem Spiegel des Meeres und wenig über dem Meeresspiegel. Eyresee und Torrenssee gehören zu den Lagunen-, der Gairdnersee zu den Deltaseen. Als Begleiter von Flüssen treten **Flußseen** häufig auf. Sie kommen in den Quellgebieten und an den Flußmündungen gesellig vor. Aber auch Seen, die einem Strome parallel laufen, indem sie ein altes Bett ausfüllen, sind eine häufige Erscheinung bei fließenden Wassern im Naturzustand.

Das gesellige Auftreten der Seen liegt in der weiten Verbreitung des Wasserreichtums, wo immer er vorhanden ist, und in der Wiederholung der Bodenformen, die der Beckenbildung günstig sind. Mecklenburg mit 650, Minnesota mit mehr als 10,000 Seen sind eigentliche Seengebiete; Seen treten hier in jedem kleinen Ausschnitt der Landschaft hervor. Die weite Verbreitung undurchlässiger Bodenarten begünstigt den Seenreichtum in dem nicht sehr niederschlagsreichen westsibirischen Schwarzerdegebiet. In Einbruchstrichtern verkarsteter Kalk- und Dolomitgebiete liegen Seen gesellig; das lehren uns der Karst, die Hochländer der Balkanhalbinsel, das Kalkgebiet von Olonez und manche andere. Auch vulkanische Landschaften sind in der Regel Seengebiete. Celebes hat ebensowohl Bruch-, Maar- und durch vulkanischen Schutt gestaute Seen, wie die Auvergne, die Eifel oder Latium.

In allen seenreichen Gebirgen liegen unten die größeren, oben die kleineren Seen. „Keine Einteilung der Seen“, sagt Rütimeyer, „ist in der Schweiz berechtigter als die in Rand- und Bergseen, doch möchte ich sie noch lieber große und kleine Seen nennen.“ Auch in Norwegen liegen die großen Seen in den großen Thälern und in der Regel wenig über 100 m hoch gerade außerhalb des Hochlandrandes, wo wohl in der Zeit, als das Land 200 m tiefer lag, die hier heraustretenden Gletscher ihre Becken in Felsbetten aushöhlten. 1000—1500 m höher liegen dann die zahllosen kleinen Hochseen. Die unteren sind breite Vorland- oder lange Thalseen und sind meist auch tiefer als die Hochseen; sie liegen in Gebirgsfalten oder sind in Thälern oder vor den Thalmündungen aufgedämmt. Die Hochseen sind entweder durch Moränen oder durch Bergstürze verursacht oder durch Wasser und Eis in das Gestein gehöhlt. So stufen sich die Entstehungsgründe mit der Höhe ab. Im allgemeinen steigt die Zahl der Hochseen, wenn man sich den Gebieten größter Zusammendrängung und Massenerhebung nähert. Im Jura ist Lac Paladru ein Moränensee, Lac d'Aiguebelette liegt in einer Synklinale, Lac de Joux ist vielleicht auf ein Nachsinken der Alpen zurückzuführen. Unter einem und demselben Meridian liegen in Oberbayern der Würmsee als alter Thalsee, der Kochel- und Walchensee als Seen am Gebirgsfuß, die Soiernseen (siehe die Abbildung, S. 165) als Hochseen.

O. Schulz

Die Basto-Seen in den Seealpen. Nach Photographie von F. Mader. Vgl. Text, S. 189 u. 190.

Vor vielen Jahren schrieb Pöppig in dem Artikel „Peru“ der Encyklopädie von Ersch und Gruber: „Auf den Hochebenen der Kordillera, welche zwar nirgends sehr groß sind, aber

häufig vorkommen, befindet sich eine Menge kleiner Alpenseen von fast unergründlicher Tiefe, die oftmals untereinander zusammenhängen und fast ohne Ausnahme einen gleich anfangs bedeutenden Abfluß (Desaguadero) haben, aus dem in geringer Entfernung vom Ursprung ein rascher und wasserreicher Gebirgsstrom wird." Seitdem sind in den europäischen Gebirgen diese Seen eingehend studiert und in allen Hochgebirgen der Erde nachgewiesen worden. Überall sind es Seen von beträchtlicher Tiefe, deren Gestalt durch steile Böschungen und oft auch durch den Mangel des flachen Bodens gekennzeichnet ist: **Hochseen**. Viele von ihnen stehen in reinen Felsbecken. Allein in den Ostalpen liegen von 2460 Seen 953 über 2000 m hoch. Das Veltlin allein hat 188, wovon 98 zwischen 2000 und 2400 m, 61 zwischen 2400 und 2800 m liegen. Sie sind zahlreich in den Seealpen (s. die Abbildung, S. 188), kommen auch in den Pyrenäen vor, wo aber im allgemeinen ihre Tiefe gering ist; der tiefste, der Lac de Loné Négré, hat 34 m Tiefe. Auch der Apennin hat seine Kahrseen, die im Nordapennin in der Mehrzahl über 1400 m hoch liegen. Das „Meerauge" der Tatra und dessen Schwesterseen in den Nordkarpathen sind längst berühmt. Neuerlich ist eine ganze Reihe von kleinen Hochseen auch in den Südkarpathen nachgewiesen worden; der größte im Massiv des Paringu bei 1920 m hat allerdings nicht ganz 3 Hektar Oberfläche. Auffallend tritt der Seenreichtum von einst vergletscherten Hochgipfeln oft mitten aus seenarmen Gebieten, aber nur von bedeutenden Höhen an, hervor: die kleinen Seen des Alagös (Armenien), die bis 3500 m hinaufsteigen, die kleinen Seen des Kenia (Ostafrika).

Unter den **deutschen Mittelgebirgen** hat der Böhmerwald eine Reihe von kleinen Seen in tiefen kahr- oder zirkusähnlichen Einsenkungen in den beträchtlichen Höhen von 925—1093 m, gerade unter den höchsten Erhebungen des Gebirges. Die beiden Arberseen, der Schwarze See (s. die Karte, S. 164) und der Teufelssee, der Lakka- und der Stubenbachersee liegen paarweise wenig voneinander entfernt; ihre größten Tiefen schwanken zwischen 40 und 4 m. Die Beckenformen sind beim Stubenbacher-, Rachel- und Teufelssee regelmäßig mit der größten Tiefe in der Mitte verbunden, der Schwarze See hat die größte Tiefe direkt unter der Seewand, während sie am Plöckensteiner See weit vorn liegt. Auffallend ähnlich sind die Seen des Schwarzwalds und der Vogesen. Von den Schwarzwaldseen liegen der Titi-, Schluch-, Herrenwiesensee und Nonnenmattweiher zwischen 830 und 913 m, der Mummel-, Feld- und Wildsee zwischen 1032 und 1113 m; jene sind in Hochthälern, diese in Kahren am Fuße von Berggipfeln gelegen. Wie diese liegen in den Vogesen der Weiße See und der Sulzer See. Auch hier finden wir im Verhältnis zur Größe eine bedeutende Tiefe: 39 m beim Titisee, 58 m beim Weißen See. Der Lac de Gerardmer (36 m Tiefe, 1,1 qkm groß), Lac de Longemer und Lac de Retournemer auf dem Westabhang der Vogesen zwischen 660 und 780 m sind moränenabgedämmte Thalseen. Unter der Schneekoppe des Riesengebirges liegen in 1168 und 1218 m zwei kleine Seen, die Koppenteiche, von 2,9 und 6,5 Hektar. Die größte Tiefe des größeren Koppenteichs ist 23 m, die des kleineren 6,5 m. Jeder von den beiden Seen besteht aus zwei durch eine Schwelle verbundenen Becken, einem tieferen und einem seichteren; und in jedem von den beiden liegen die tiefsten Stellen dem Bergabhang näher. Alle diese Hochseen der Mittelgebirge sind nur ein kleiner Teil derer, die einst nach dem Rückgange der diluvialen Gletscher sich auf den oberen Thalstufen entwickelt hatten.

Eine besondere Abart der Hochseen bilden die kleinen **Paß- und Jochseen**, die kaum einer flachen Einsenkung eines Gebirgskammes fehlen. Der Paßsee des Kleinen Sankt Bernhard in 2470 m Höhe, der mindestens drei Vierteile des Jahres gefroren ist, die Seen auf dem Stilfser Joch, auf dem Gotthardpaß (nach Rütimeyer ein „granitener Sumpf"), der Brennersee sind typische Beispiele.

Die **Höhenlage der Hochseen** zeigt ihre Abhängigkeit von den Klimazonen. Sie liegen im mittleren Norwegen, in Jotunheim, zumeist zwischen 1600 und 1000 m, in den Karpathen zwischen 2100 und 1500 m, in den Niedern Tauern zwischen 2300 und 1700 m, in den Pyrenäen zwischen 2400 und 1800 m, in der Sierra Nevada Spaniens zwischen 3200 und 2900 m, in der Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien) zwischen 4000 und 3900 m, in den

peruanischen Anden zwischen 4600 und 4300 m, im Himalaya von Sikkim zwischen 5000 und 4000 m, am Kenia um 4000 m. Auf der südlichen Halbkugel sehen wir sie herabsteigen, indem wir uns vom Äquator entfernen. Sie sinken in der Kordillere von Chile von 3000 auf 1700 m, in Patagonien unter 1000 m, auf 1200—600 m in den Alpen von Neuseeland. Sehr häufig liegen mehrere von ihnen stufenweise übereinander (s. die Abbildung, S. 188).

Die Entstehung der Seen.

Die Vorgeschichte jedes Sees ist dreifach; sie besteht aus der Geschichte der Höhlung oder der Wanne, in welcher der See steht, des Inhaltes des Sees und beider in ihrer Wirkung aufeinander. Die erste Geschichte ist ein Stück Bodengeschichte, die zweite ein Stück Klimageschichte, die dritte ist geographisch oder, noch enger gefaßt, seeisch. Wie eng die Entwickelung des Seebeckens mit der Thalbildung zusammenhängt, haben wir gesehen (vgl. Band I, S. 619). Die Becken der meisten Abflußseen sind Thalrinnen mit erschwertem Abfluß. In einfachen Faltengebirgen liegen Seen, deren Becken ursprünglich durch Faltung entstanden sind; hierfür bietet uns der Jura Beispiele von Seen, die in einfachen, synklinalen Becken liegen. Wo Falten des Bodens sich gegen ein vorliegendes Land stauten, entstanden Randseen. So erklärte schon Rütimeyer die Seen von Thun, Luzern, den Walensee und nahm an, daß durch Faltung zusammenhängende Becken zerschnitten worden seien: Zuger und Züricher See. Albert Heim hat später diese Erklärung auf andere Alpenseen ausgedehnt, und auch in anderen Gebirgen glaubt man dieselben Wirkungen zu sehen, so im Ural durch Sinken des Gebirges am Ostfuß.

So wenig aber wie die Geschichte der Thäler einfach ist, ist es die Geschichte der Seebecken. Man wird keinen einzigen See rein tektonisch nennen können, die Erosion hat immer daran mitgewirkt. Das Thal, das heute den See umschließt, ist Teil eines Thales, das früher ein Gletscher oder ein Fluß durchströmte. Auch in ein abgedämmtes Thal legte sich Eis und setzte die Arbeit des Wassers fort. Der Genfer See ist 309 m tief, und das Eis stand einst gegen 1000 m hoch darüber. Vom Lac d'Annecy nimmt man an, daß er in einer Verwerfungsspalte präglazial entstanden und in der Eiszeit ebenfalls 1000 m hoch mit Eis ausgefüllt worden sei. Es ist aber nicht fraglich, daß auch vor dem Eis schon Wasser in dieser Spalte geflossen sei, abgespült und abgelagert habe.

Es liegt in der engen Verbindung zwischen See und Fluß, daß die Erforschung der Geschichte der Seen immer auf diesen Zusammenhang zurückführt, wobei der zuerst von Rütimeyer ausgesprochene Grundsatz gilt: Die Beziehung zwischen Fluß und See wird um so inniger, je mehr wir vermögen, alte Zustände wiederherzustellen. Dabei wird mancher See, der heute keinen ebenbürtigen Fluß hat, wie der Garda-, Luganer- und Zuger See, in ein altes großes Flußsystem wieder eingereiht. Thäler, die ursprünglich unabhängig voneinander waren, können durch später entstandene Verbindungen und durch ausweitende, auswühlende Eiserosion zu formenreichen Seebecken zusammengefügt werden. Wie wir das im kleinen Maßstabe bei Moränenseen finden, kann es im großen die Bildung der mächtigen Becken der Großen Seen von Nordamerika erklären. Rein als Thäler sie aufzufassen, gelingt allerdings nicht. Wohl mochte einst Bonneys alter Laurentian River unmittelbar vom Huronensee durch die Georgian Bay zum Ontariosee, mit dem Michigan- und Eriesee als Nebenflüssen, geflossen sein. Aber die heutigen Seebecken haben seit der Entstehung dieses vorglazialen Stromes mächtige Veränderungen erfahren. Die allzu einfache Auffassung der Großen Seen als Thalsysteme findet ihre Schranken darin, daß die Seenbecken selbst zwar breite, schalenförmige Thäler sind, daß aber keine entsprechenden Thalabschnitte

sie verbinden. Ihre Verbindungen sind kurze, schmale, junge Einschnitte. Auch sehen wir nicht, daß das System der Großen Seen sich, wie Thäler sonst thun, in irgend einer Richtung verbreitert. Die Verbreiterung des unteren Sankt Lorenz ist eine Thatsache für sich. Diese Seen liegen, mit Ausnahme der Synklinale des Oberen Sees, in einem Gebiete fast rein horizontaler Schichten, in dem die Flußerosion allein solche Ausbreitungen und Zusammenziehungen, wie die Seebecken sie zeigen, nicht bewirken konnte. Laufverlegungen allein genügen auch nicht. Und warum sollten sie gerade hier so eigentümliche Becken geschaffen haben? Dagegen sind Bodenbewegungen in großem Maße, welche die Eis- und Wassererosion leiten und verstärken konnten, sowohl durch Strandlinien und Terrassen belegt, als auch als in der Gegenwart fortdauernd nachgewiesen, und zwar nicht bloß im Gebiete der Großen Seen, sondern auch am Champlainsee und im System des Hudson (vgl. Band I, S. 218).

Die Gesteinsbeschaffenheit begünstigt die Seenbildung am einfachsten durch Auflösung. Gips- und alaunhaltige Schiefer werden ausgelaugt, sinken nach und nehmen in die dadurch gebildeten Höhlungen Wasser auf, das kleine Seen bildet. Deswegen sind kleine Seen, die gesellig auftreten, besonders in Gegenden häufig, wo leichtlösliche Stoffe verbreitet sind. Es gibt eine große Anzahl von Berichten über Einstürze und Seenbildung an solchen Stellen. So entstand noch 1896 der See von Leprignano in der römischen Campagna, und wir wissen genau, wie der Boden schwankte, zerriß und sank, wie in den Einsturzkessel die Wasser hinabstürzten, um zu verschwinden, bis die Risse des Grundes verstopft waren und die Seenbildung begann. Die langsame Auflösung durch das Wasser der Seen an den Beckenwänden ist zwar außer acht zu lassen, wo es sich um kurze Zeiträume handelt, auf die Dauer ist sie aber nicht zu übersehen, und jedes Becken muß durch sie an den Seiten geräumiger werden, wenn auch Niederschläge die Sohle auffüllen. Schwer durchlässiges Gestein kommt der Seenbildung entgegen, damit natürlich auch der Sumpfbildung. Der kieselreiche Sandstein der Devonformation des rheinischen Schiefergebirges ist z. B. die Ursache der weitverbreiteten Moore dieses Gebietes. Schwerzersetzliche Gesteine, die wenig Schutt liefern, begünstigen die Erhaltung der Seen, da sie die Schuttablagerung in den natürlichen Becken nicht zu rasch vor sich gehen lassen. In diesem Sinne hat Durocher den Seenreichtum der Hochländer Skandinaviens auch auf die geringe Zersetzbarkeit ihrer altkristallinischen Gesteine zurückgeführt. Umgekehrt begünstigt der Schuttreichtum der Sandstein- und Thongebiete die Ausfüllung ihrer Seenbecken. Nur wo undurchlässige Schichten den Schutt durchsetzen, wie in allen Moränengebieten, sammeln sich zahlreiche Seen.

In spaltenreichen Kalkstein- und Dolomitgebieten entstehen nicht bloß kleine Seen durch die Ausfüllung einzelner Einsturztrichter, sondern auch große durch gesellige Einbrüche.

Solche Seen entstehen noch immer unter unseren Augen. Im März 1879 bildete sich in salzreichem Boden des südwestlichen Kansas eine tiefe, steilrandige Grube von mehr als 50 m Durchmesser, auf deren Grund sich warmes Wasser sammelte; konzentrische Risse durchfurchten das Erdreich im weiten Umkreis dieser Grube (vgl. auch Band I, S. 244 und 639).

Die Karstseen sind typisch für diese Gruppe: es sind steilwandige Becken von ungleichem Umriß und Boden, mit Trichterlöchern ausgestattet, die den Abfluß vermitteln und dadurch einen sehr ungleichmäßigen Wasserstand bewirken. Ein solcher See ist der Kopais in Böotien, den der Kephissos und andere kleine Bäche ernähren, während sein Abfluß sich in Sinklöcher, Katabothra, ergießt. Im Winter wächst er, im Sommer schrumpft er zu Fieberlachen ein, und wenn sich die Sinklöcher verstopfen, überschwemmt er gelegentlich weitere Umgebungen. Ähnliche Seen von kleineren Maßen liegen in seiner Nähe. Auch der See von Jannina ist ein Einsturzsee, den Quellen nähren und Senklöcher des Seebodens entwässern. Im Sommer

schrumpft der Wasserspiegel ein, und auf der dann trocken liegenden Erde baut man Mais. Eine Felseninsel liegt wie ein Bruchstück des versunkenen Landes im See. Dasselbe Becken hat noch einen anderen, kleineren, durch einen unterirdischen Wasserlauf mit dem von Jannina verbundenen See, Lapsista mit Namen. Auch im kalkreichen Apennin fehlt es nicht an ähnlichen, jetzt meist seenlosen Becken, die mit flachem Boden und schroffer Bergumschließung an die alten und neuen Seebecken der Balkanhalbinsel erinnern. Die Landschaften von Terni, Rieti, Micciani im oberen Tibergebiete gehören dazu. Auf deutschem Boden waren die jetzt trocken gelegten Mansfelder Seen ausgezeichnete Beispiele von Einsturzseen im Zechstein. Auch in den hessischen Zechsteinhügelländern von Sontra und Richelsdorf fehlt es nicht an kleineren Einstürzen, die manchmal mit Wasser gefüllt sind und im Volksmund Kauten heißen. Solche Seen könnte man Auflösungsseen nennen; ihre Becken haben meist eine besonders tiefe Stelle mit steilem Abfall, wodurch eine Trichterform mit steilem unteren und flachem oberen Teil entsteht. Mittelbinge von Erosions- und Auflösungssee sind der Storsjö bei Östersund und ähnliche breite, seichte, unregelmäßig gestaltete Seen, die durch die Aushöhlung und Auswaschung von Schollen weichen, silurischen Kalkgesteines in der Eiszeit entstanden sind.

Gewaltige Seen liegen in Gebieten tektonischer Einbrüche oder Versenkungen, und gerade die größten und tiefsten gehören hierzu: der Kaspische See in seinem tieferen südlichen Teil, das Tote Meer, der Tanganyika sind zu den Einbruchsseen zu rechnen, und neuerdings hat Obrutschew dem tiefsten aller Süßwasserseen, dem Baikal, diesen Ursprung zugeschrieben. Je nach der Gattung der Einbruchsgebiete ist auch die Form und Größe dieser Seen verschieden. Die Seen in Grabenversenkungen sind meist länglich und folgen sich reihenweise auf verschiedenen Stufen, wie der Tiberiassee und das Tote Meer, und in verschiedenen Spalten; die Seen in Kesselversenkungen sind mehr rundlich und treten vereinzelt auf, und die Seen in ausgedehnten Einbruchsgebieten sind meerartig groß und unregelmäßig gestaltet. Selbst flache Seen, wie der bei 600 qkm Oberfläche nur 5 m tiefe Plattensee, können aus mehreren vereinigten kleinen Versenkungen bestehen.

Die Berechtigung der Zurechnung des Nyassa zum ostafrikanischen Graben muß als zweifelhaft bezeichnet werden. Er liegt allerdings in derselben Reihe von Faltenthälern wie der Tanganyika, aber die 65 km zwischen dem Rikwa, der in der Nyassa-Senke liegt, und dem Tanganyika sind von einer Reihe alter Granitrücken eingenommen. Der Tanganyika füllt eine Senkung aus, in der ein langer, schmaler Streifen Land in die Tiefe gegangen ist; daher überall steile Ufer, welche die kristallinische Unterlage und darüber die Konglomerate und Sandsteine zeigen. Der Lukuga fließt über Konglomerate, vielleicht ein Teil des alten Seebodens, der zwischen eruptiven Massen nördlich und südlich davon später wieder gehoben worden ist. Es ist höchst wahrscheinlich, daß der See einst im Westen bis zu den Hügeln reichte, die dann der Lukuga durchbrochen hat, und daß die Ebene im Norden, die der Russisi durchfließt, in der Länge von etwa 50 km das Werk der ablagernden Thätigkeit des Sees ist. Die Seitenränder eines älteren größeren Sees sind bis zum Albertsee zu verfolgen, an dessen Ufern alte Seenablagerungen liegen. In den Hügeln, die der Lukuga in einem tiefen Thal durchbricht, findet man Riesenkessel und andere Flußwirkungen 300 m über dem heutigen Lukuga. Die alte Meeresverbindung, die wir wegen der höchst eigentümlichen Fauna des Tanganyika annehmen müssen, muß im Süden und Westen gesucht werden. Im Norden hat aber ein ganz besonderes Stück Seengeschichte den Kivu in Verbindung mit dem Tanganyika gebracht. Der Kivu, der dem Tanganyika durch den Russisi seine Wasser zusendet, liegt in derselben Senke, aber sein Spiegel liegt 600 m höher und verhält sich zum Tanganyika der Lage nach wie dieser zum Nyassa. Die Lebewelt des Kivusees zeigt, daß dieser nicht mit dem Tanganyika, sondern mit dem Albert Nyanza zusammengehört und lange zusammenhing; einst ging der Abfluß des Kivusees zum Nil, aber die vulkanischen Aufschüttungen nördlich davon haben eine Wasserscheide aufgerichtet und den neuen Abfluß zum Tanganyika, den Russisi, geschaffen.

Die **Seen in vulkanischen Landschaften** stehen in den Kratern oder in Maaren, sind durch Lavaströme abgedämmt oder liegen in Senkungen. Regen und Quellen rinnen in den vulkanischen Kesseln und Ringwällen zusammen, eigentliche Zuflüsse fehlen oft ganz. Die Tiefe ist manchmal beträchtlich (Albanersee 170 m bei 6 qkm) im Vergleich zu dem nicht sehr bedeutenden Umfang. In den meisten vulkanischen Landschaften findet man Seen von den verschiedenen Entstehungsweisen; so hat die Auvergne Kraterseen, Maarseen und abgedämmte Seen. Aber die großen Vulkanseen sind in der Regel Abdämmungsseen. Auch in den Pseudothälern des Hochlandes von Anahuac haben vulkanische Auswurfsmassen Dämme gebildet, hinter denen sich seichte Seen gesammelt haben; Flachheit und Salzgehalt derselben kontrastieren lebhaft mit dem alpinen Charakter, den die Schneegipfel ringsumher der Landschaft erteilen. Von derselben Entstehung ist der See Tondano in Celebes. Dagegen ist die Senkung

Der Nicaraguasee. Nach K. Sapper.

wahrscheinlich bei Seen des mittleren Mexiko, die eine Reihe von den Vulkanen vom Ceboruco bis zu dem Iztaccihuatl bilden. Die Richtung dieser Reihe ist ausgesprochen parallel der vulkanischen Hauptspalte, und so ist auch die Längsrichtung der größeren unter ihnen. Vulkane, auch thätige, steigen mitten aus Seen empor: Ometepe im See von Nicaragua (s. das obenstehende Kärtchen), der Schlackenkegel des Monte Venere mitten in dem ringwallumschlossenen See von Vico, von dessen umschließendem Wall Lavaströme ausstrahlen. Große Seen in vulkanischen Gebieten, wie der Goktschaisee in Armenien, die Seen von Nicaragua und Managua in Mittelamerika, haben wenigstens die Mitwirkung vulkanischer Kräfte erfahren. Wohl ist der Nicaraguasee eine alte Bucht des Stillen Ozeans, aber er ist durch einen Höhenzug aus ganz jungem vulkanischen Material vom Meere getrennt, und das ganze Gebiet hat Niveauverschiebungen erfahren, wie sie in thätigen Vulkan- und Erdbebengebieten zu erwarten sind. Den Vulkanseen sind die **Maarseen** nächst verwandt. Im Umriß sind sie oft nahezu kreisrund, wie z. B. das Pulvermaar (s. das Kärtchen, S. 194) nur 25 m länger als breit ist. Die Wände dieser Seen sind steil, viele haben Böschungen von mehr als 20°.

Unter den Maarseen sind einige ohne sichtbaren Zu- und Abfluß: Pulver-, Weinfelder und Gemündener Maar, das Ülmener Maar und das Schalkenmehrener Maar haben einen sichtbaren Abfluß, das Meerfelder und Holzmaar haben Zu- und Abfluß. Acht Maare der Eifel sind Seen; der Laacher See mit 3,3 qkm und 53 m Tiefe ist weitaus der größte von allen.

Abdämmung eines Thales durch einen Schuttwall infolge eines Bergsturzes, eines Flußschuttkegels oder durch die Moräne eines vorrückenden Gletschers oder unmittelbar durch das Eis eines Gletschers ist eine der häufigsten Ursachen der Seenbildung. Die Mehrzahl tiefliegender Seen in den Alpen ist in einer oder der anderen Weise abgedämmt. Damian zählt allein in den Umgebungen von Trient sechs durch Fels- und Erdstürze gedämmte Seen auf, darunter die von Molveno, Cavedine (50 m tief), Toblino.

August Böhm beobachtete eine Seenbildung durch Abdämmung, die man periodisch nennen könnte, in der Hohen Sölk in Steiermark, wo zeitweilig der kleine Sachersee durch zwei Schuttkegel abgedämmt wird, bis der Fluß den Damm durchnagt und damit den See zum Abfluß gebracht hat. Diese Seenbildung hat sich nach den Angaben der Thalbewohner schon öfters wiederholt.

Indem ein stauender Schuttwall in einen See hineinwächst, zerteilt er ihn in zwei, und durch Wiederholung bildet sich so eine Seenkette. Im Bassenthwaite z. B., den die Greta vom Derwentwater abgedämmt hat, haben wir einen See, der durch Flußanschwemmung vom Meer abgetrennt ward; die trennende Landzunge wird heute nur von Hochfluten überschwemmt.

Das Pulvermaar in der Eifel. Nach Wilh. Halbfaß. Vgl. Text, S. 193.

Die Stauseen gehören im allgemeinen zu den veränderlichsten und vergänglichsten. Es werden nicht bloß Stauseen mit der Zeit durch natürliche Tieferlegung der Ausflußrinne ausgetrocknet; auch stauende Felsriegel werden durchgegraben oder umflossen. Ein großer Teil des Inneren von Afrika war einst mit Seen bedeckt, und die Reste ihrer durchgeschnittenen Stauriegel sind in den Felsklippen der Stromschnellen des Nils, Kongos, Sambesi erhalten. Die Ablagerungen des mächtigen alten Kongosees zeigen ein echtes Süßwassermeer an, das zwischen Kassai und Lomami gestaut war.

Ungemein häufig sind die durch Gletscherschutt gedämmten Moränenseen. Daß in den Moränen, die heutige Gletscher vor sich herschieben, Seen sich bilden, ist eine gewöhnliche Erscheinung. Sogar ganz regelmäßig kreisrunde Seen sieht man die Trichtergruben ausfüllen, die das Abschmelzen einer isolierten Gletscherzunge erzeugt hat. Andere stehen in den abgeschlossenen Vertiefungen zwischen einander kreuzenden Moränenwällen. Die größten aber fassen das Schmelzwasser des Gletschers hinter der jüngsten Endmoräne zusammen. Ihre Formen und ihre Verbreitung beherrscht der Grundsatz, daß das Wasser in fester Form die Behälter schafft, in die sich das flüssige Wasser hineinlegt. Dabei wirkt das feste Wasser nicht bloß durch seine Bewegung, die den Schutt hin und her schiebt, durch seine Transportkraft und seine Kraft zu zerreiben, sondern auch ganz besonders dadurch, daß es die Becken freihält, die der Schutt ausfüllen würde, wenn nicht das Eis sie langsam durchflösse. Nur zum Teil ist die Bildung, entschiedener aber die Erhaltung großer Seen den Gletschern zu danken, die vordem die Thalsenken ausfüllten, in denen der Genfer See, Bodensee, Gardasee und viele andere heute stehen; die Senken sind umgeben von Seiten- und Endmoränen und sogar noch durchsetzt, wie im Genfer See, von den erratischen Blöcken der alten Gletscher. So wie hier der Moränenwall sich mit dem Felsbecken verbindet, ist es auch bei vielen von den kleinen Hochseen, bei denen auch in den Mittelgebirgen bald das Felsbecken mit der stauenden Felsschwelle, bald der Moränenwall den See einhegen. So finden wir es auch in den schwarzwaldähnlichen Adirondacks in Nordamerika, wo einige der schönen Waldseen dieses Gebirges

Felsbecken, andere durch Gletscherschutt abgedämmt sind. Über die Möglichkeit der Entstehung solcher Felsbecken durch Gletschererosion, worauf ihre Lage hart unter den Gipfeln hinweist, s. im Gletscherkapitel.

Wie trichterförmige Tümpel in heutigen Moränengebieten, entstanden Seen beim Rückgange der diluvialen Eisdecke dadurch, daß eine vom Schutt umhüllte Eismasse lange Zeit im Boden liegen blieb, einen schuttbekleideten Hügel bildend, nachdem ringsum das Eis abgeschmolzen war. Mußte sie dann der Gewalt der Sonne weichen, so blieb an ihrer Stelle eine wassererfüllte, abflußlose Grube übrig. Solche Hügel mit Eiskern kennt man auch aus Sibirien.

Zahlreich sind die Seen in den Gebieten der Flußmündungen. Kein Delta ist seenlos. Salz- und Süßwasserseen liegen darin nebeneinander. Flußmündungen, die nach einer ganz anderen Seite gewandert sind, haben Seen hinterlassen. So hat O. Baumann den Chakwatisee in Deutsch-Ostafrika als Rest einer alten Rufidschimündung gedeutet. Die zahlreichen Weiher des Sundgauischen Hügellandes verdanken ihr Dasein den Unregelmäßigkeiten in der Lagerung des alten Rheinschotters, sind aber künstlich erweitert oder erhalten.

Für eine große Anzahl von Seen hat man die Entstehung aus abgetrennten Meeresteilen vorausgesetzt. Darüber kann man nicht zweifelhaft an Örtlichkeiten sein, wo man den Strandwall zwischen Meer und Meeresbucht noch wachsen und diese zwischen See und Meer zeitlich schwanken sieht (Bd. I, S. 377). Dieselbe Entstehung ist wahrscheinlich bei manchen Seen, deren Boden unter dem Meeresspiegel gelegen ist, und in deren Lebewelt vielleicht gleichzeitig mehr oder weniger deutliche Anklänge an Meeresfauna und -flora gegeben sind. Man nannte sie Reliktenseen (vgl. S. 34). Abgesehen davon, daß jene großen Tiefen auch durch Senkung oder Einsturz in manchen Fällen sich erklären, ist die Beweiskraft der von Peschel sehr hochgestellten Meerestiere und -pflanzen in Süßwasserseen eine geringe. Es gibt keine scharfe Grenze zwischen Bewohnern des salzigen und des süßen Wassers, denn eine ganze Anzahl von Formen lebt in beiden, und die Übertragung kleinerer Tierformen aus dem Meere nach Binnenseen ist nicht selten zu beobachten. Indessen kennen wir doch manche Seen, deren Fauna nur als Rest eines Meeres erklärt werden kann, das sich zurückgezogen hat, wie Nordquist jüngst für die finnischen Seen (deren höchster nur 122 m hoch liegt) nachwies.

Ein echter Reliktensee ist der Mogilnoje auf der Insel Kildin an der Murmanküste (Halbinsel Kola), der durch einen natürlichen Schuttdamm vom Meere getrennt ist, aber durch diesen Damm mit dem Meere in entfernter Verbindung steht, so daß die Gezeiten sich mit Verspätung darin geltend machen. Der Salzgehalt wächst nach der Tiefe zu und mit ihm das marine Tierleben, dem am Boden ein starker Schwefelwasserstoffgehalt eine Grenze setzt. Außer dem Dorsch kommt eine Anzahl von Muscheltieren in dem See vor, die Reste von anderen zum Teil subfossil. Wahrscheinlich ist aber das größte und zugleich durch sein Alter ehrwürdigste Beispiel der Tanganyika, in dem neben der ungemein veränderlichen Süßwassermeduse die Paramelienschnecken leben, die ganz wie Meerschnecken in den Spalten der Steilküste des Sees die Uferregion bewohnen, und wo in stillen Buchten Scharen von Garnelenkrebsen schwärmen. Diese Fauna in ihrer Gesamtheit macht nicht bloß den Eindruck der Meeresabzweigung, sondern auch des hohen, vielleicht jurassischen Alters.

Nicht jeder See kann als Reliktensee bezeichnet werden, in dessen Lebewelt sich eine Spur davon findet, daß einst das Meer in seinem Becken stand; seine seitherigen Schicksale können fast jeden Rest des alten Zusammenhanges verwischt haben. Peschel hat die oberitalienischen Seen am Südrande der Alpen als Reliktenseen in dem Sinne aufgefaßt, daß es alte Fjorde eines einst ausgedehnteren Adriatischen Meeres seien. Das hieße ihre Geschichte zu einfach ansehen. Allerdings sind es vordiluviale Vertiefungen, die vielleicht in pliozäner Zeit Meeresarme waren. Ihr Boden ist später durch das Eis vom Schutt gereinigt und dadurch vertieft worden. Ihr erster Ursprung liegt aber wohl in Spaltenbildung und verschiedenartiger Faltung,

wie dies für den Lago di Lecco mit Sicherheit nachgewiesen ist. Jedenfalls ist die Eisausfüllung der entscheidende, auch ihre ganze Umgebung bestimmende Akt ihrer jüngeren Geschichte.

Die Geschichte der Seen und ihrer Anwohner.

Die Geschichte der Seen ist nur ein kleiner Teil der Geschichte des Verhältnisses der Erde zu ihrer Wasserhülle. So wie dieses Verhältnis Schwankungen unterworfen ist, müssen auch die Seen nach Zahl und Größe schwanken. Mit den Formen des Bodens und mit den Schwankungen des Wasserstandes wandern die Seen. Es gibt Seen, die mit dem Eis, und Seen, die mit den Flüssen wandern. Seen folgen gleichsam Schritt für Schritt zurückgehenden Gletschern, indem sie zwischen dem Gletscher und seiner Endmoräne immer von neuem entstehen. Als das große Eis sich in der Diluvialzeit vorschob und als es sich wieder zurückzog, gingen Seen vor ihm her und folgten ihm, von denen die meisten längst verschwunden oder doch zurückgegangen sind. Selbst der größte See, der Kaspische, ist nur ein Rest, die ganze Kirgisensteppe enthält Ablagerungen seines größeren Vorgängers. Vom Alaotrasee in Madagaskar wird gesagt, er sei der Rest eines Sees, der zwölfmal größer gewesen sei. Selbst der Obere See, der Huronen- und Michigansee sind nur Relikte eines „Ursees", der 400,000 qkm bedeckte, und dem man den Namen Lake Warren beigelegt hat. Nicht weniger als 20 Strandlinien bezeugen am Oberen See Änderungen des Wasserstandes. Die Erforscher der patagonischen Kordilleren rühmen die Schönheit der Strandlinienreihen an den hohen Wänden der Seen im oberen Rio Palenagebiet. Auch der heutige Überlinger See ist nur ein Rest des großen Sees, der an derselben Stelle 40—50 m höher zwischen dem alten Rheingletscher und seinen Moränen lag. Und so sind, um ein kleineres Beispiel zu nennen, die kleinen Seen von Jvrea nur ärmliche Reste eines großen Sees, der einst dieses mächtigste der südalpinen Moränenamphitheater erfüllte.

Solche Verschiebungen reichen in trockenen Gebieten bis in die Gegenwart herein. Man kann z. B. die überraschende Angabe Overwegs nicht unbedingt für unbegründet halten, daß der Tsadsee in den 40er Jahren ausgetrocknet gewesen sei. Die Versumpfung des Ngami ist nahezu vollendet. Unzweifelhaft ist der Rikwasee zu drei Vierteln verschwunden: Langheld berichtete zuerst 1897 von ihm, er sei in eine wildreiche Grassteppe verwandelt, und aus den Mitteilungen von Dantz wissen wir, daß 1899 allerdings nur ein Viertel von dem See übrig war, den die meisten unsrer Karten noch zeigen. Die Nordküste des Kaspischen Sees wandert langsam nach Süden, seine Flugsandinseln werden landfest; auch Astrachan liegt auf einer alten Insel. In Zentralasien ist im Lobnorgebiet der See vor Wind und Dünen ostwärts gerückt und mit ihm der Wald. Darin liegt eben die Schwierigkeit der Frage, ob wir in dem Süßwassersumpf, in dem heute der Lauf des Tarim endigt, den Lobnor der alten chinesischen Geographen oder nur einen verhältnismäßig neuen Ausbruch haben, während der eigentliche Lobnor dann weiter nördlich in verkleinertem Zustande läge.

Für die Schuttablagerung der Achen im Chiemsee hat E. Bayberger über 150,000 cbm im Jahr angenommen. Rechnet man die viel weniger bedeutende Zufuhr der anderen Zuflüsse hinzu, so mögen 14,000 Jahre der Zeitraum sein, der bis zur Ausfüllung des Sees verfließen würde. Graf Eberhard von Zeppelin kündet dem Bodensee Ausfüllung in 12,000 Jahren an.

Im Tegernsee ist ein volles Drittel des alten Seebodens durch die Ausschüttungen der Bäche Rothach und Weißach aufgefüllt, außerdem sind die beiden Randseen Egerner See und Ringsee schon ziemlich stark abgeschnürt. Im Iseosee (Lombardei) sieht man die Punta di Castro, die einst den See zerteilen wird, durch die Anschwemmungen des Flüßchens Borlezza jährlich

um einen Meter vorschreiten. Zahlreich sind die Beispiele von der Zerlegung *eines Sees* in mehrere durch solche Bildungen.

So wie die flachen Deltagebilde und andere Küstenanschwemmungen die Übergangsgebiete zwischen Land und Meer bezeichnen, vermählt sich jedem größeren See ein Stück Flachland, das, der Gestalt nach, wie eine *Fortsetzung der Wasserfläche ins Feste* hinein erscheint, und meist auch stofflich durch großen Wasserreichtum, Versumpfung und Vermoorung als Übergangsgebilde zwischen Land und Wasser sich darstellt. Angesichts dieser Bildungen möchte man sagen: eine Aufgabe der Seen ist, große, ganz flache Ebenen zu bilden. Mitten in dem aufgefüllten Seeboden erscheint der noch bestehende See oft nur wie ein kleiner Rest. Die Flüsse

Der Wildsee im Schwarzwald. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 198.

schieben ihre Schuttablagerungen in die Seen hinein, zum Teil in regelmäßigen Deltas, auch in Haffen und Mooren. Die Wellen sichten; sie lassen die groben Gerölle an den Mündungen der Zuflüsse liegen, spülen den Sand am Ufer entlang, wo er an Ausbiegungen sich festlegt und spornartige Vorsprünge bildet, und lassen den Schlamm weit hinein in den See gelangen, soweit die Transportkraft des zufließenden Wassers reicht. Auf dem seichten Seeboden fassen Algen und Rohrgräser Fuß; haben sie ihn mit ihrem Abfalle bereichert, dann erscheinen schwimmende Wasserpflanzen, wie Seerosen, Wasserranunkeln, Myriophyllen, und ist der Boden hoch genug geworden, daß er zeitweilig oberflächlich trocken liegt, so entsteht durch die Ansiedelung von Ried- und Wollgräsern eine Sumpfwiese.

Langsam, aber sehr gleichmäßig geht die Verengerung durch Torfbildung vor sich, und das Ergebnis ist ein der Kreisform sich nähernder Seerest. Auf dem Rücken der nach der Mitte zu ansteigenden Weserhochmoore z. B. stehen in trichterförmigen Vertiefungen kleine Seen, *Meere* genannt, die als Quellenbecken aufgefaßt werden. Es spricht sich in diesen Formen die

Gleichmäßigkeit des organischen Wachstums aus. Während nur einige der deutschen Mittelgebirge noch „lebende“ Seen in größerer Zahl haben (Vogesen, Schwarzwald [s. die Abbildung, S. 197], Böhmerwald und Riesengebirge), die immer nur ein kleiner Rest der Seen sind, die hier einst waren, sind die alten vermoorten Seen weiter verbreitet. Vom Nordabhange des Erzgebirges werden muldenartig flache Kessel aus dem Gebiete des Granites beschrieben. Sie ziehen in einer Linie von Johanngeorgenstadt bis zum Großen Rammelsberg und sind mit Torfmooren erfüllt; einige enthalten noch kleine Seereste, so der Kranichsee an der böhmischen Grenze. Wahrscheinlich ist auch der 28 Hektar große Filzteich bei Neustädtel der Rest eines Sees, und vielleicht sind auch die Hochmoore des Brockens nicht anders zu deuten. Im Schwarzwald gibt es eine Reihe von Seemooren und halbvermoorten Seen, welche die Abstufungen vom festen, wasserlosen Moor bis zum schwimmenden Moosteppich mit offener „Wasserblänke“ in der Mitte zeigen. Das Wasser eines der kleinen Hohllochseen im nördlichen Schwarzwald ist ganz von Moor umwachsen, sein Boden selbst von Moor bedeckt, so daß seine Farbe tiefbraun ist.

Im Fichtelgebirge lag in der Senke zwischen Schneeberg und Ochsenkopf noch im 16. und vielleicht im 17. Jahrhundert der Fichtelsee, der oft genannt wurde, weil aus ihm Main und Naab, Saale und Eger entspringen sollten. Nur für die Naab ist übrigens dieser Anspruch gültig. Der See vermoorte allmählich und galt noch 1795, als Martius ihn besuchte, für einen sehr gefährlichen Sumpf, den man nicht überschreiten konnte. Als man sein Wasser für die Bedürfnisse des Bergbaues ableitete, wurde allmählich der Fichtelsee ein Torflager. Jetzt führt der einstige See den Namen Seelohe; Lohe heißen im Fichtelgebirge versumpfte und vermoorte Striche.

Nicht selten geschieht es, daß von dem Torf, der einen See umwächst, an einer Stelle sich ein Stück loslöst, das nun als schwimmende Insel in den See hineingetrieben wird. Eine solche Insel schwamm lange Zeit in dem Schwarzwaldsee Nonnenmattweiher. Oder es wölbt sich der Torf, der am Boden eines Sees liegt, empor, vielleicht durch Zersetzungsgase aufgetrieben, und bildet eine vorübergehende Insel. Eine solche Bildung scheint 1803 und 1852 im Eleveezer See in Ostholstein stattgefunden zu haben. Im Südende des Sees Ralången im Kreise Jönköping liegt eine Insel aus Kiefernstubben, Torf und Erde, die oft im Herbst emporsteigt, wohl durch Gase, die darunter sich bilden, gehoben, dann wieder sinkt. Diese Inseln legen sich in den Buchten und an seichten Stellen an das Land, verwachsen mit ihm und helfen so die Wassermassen einschränken. Im Neusiedler See soll es früher eine Menge solcher Inseln gegeben haben. Im Hautsee bei Eisenach schwamm eine Insel, die Erlen, Birken und Kiefern trug. Und vom Steinhuder Meer wird berichtet, daß es durch hineinwachsende Halbinseln und anwachsende Inseln zwei Drittel seiner früheren Ausdehnung verloren habe. Wenn weiche, besonders aus Sphagneen gebildete Torfe sich mit Wasser überfüllen, durchbrechen sie schwache Stellen ihrer Umrandung und ergießen sich nach Art der Muhren verwüstend über tiefere Teile ihrer Umgebung. Es sind in der Regel langsam und unmerklich vorbereitete Bewegungen; doch mag gelegentlich ein plötzlich verstärkter Quellerguß mitwirken. Das moorreiche Irland hat eine Anzahl von solchen Ausbrüchen zu verzeichnen.

Zweifellos liegt gerade hinter der Gegenwart eine Zeit größerer Ausdehnung der Wasserflächen. Um mit den größten zu beginnen, so lag der Spiegel des alten Kaspischen Sees 140 m höher als heute, wodurch die Verbindung durch Meerengen mit dem Aralo-Sarikamyschmeer auf der einen und mit dem Pontus auf der anderen Seite gegeben war. Noch immer ist der Kaspische See im Rückgang und hat noch im Laufe des 19. Jahrhunderts über 2 m an Höhe verloren. Dieselbe Zeit sah im Jordanbecken einen See, der vielleicht 300 km lang war, und von dem das Tote Meer und der See von Tiberias Reste sind. Vielleicht war

das zu derselben Zeit, in der Nordeuropa unter Eis lag. Gehen wir nach Westen, so finden wir den Plattensee, der in (oder nach) der Diluvialzeit 5—6 m höher stand als jetzt und dann erheblich unter seinen heutigen Stand sank. Unter den Alpen- und Juraseen ist kaum einer, der nach der Eiszeit nicht größer gewesen wäre. Der Bodensee z. B. stand um 30 m höher, und das Rheinthal unterhalb des Bodensees ist aufgefüllter Seeboden.

Die wechselnden Schicksale der Großen Seen Nordamerikas prägen sich in Strandlinien aus, die an die der Meeresgestade erinnern. Die drei oberen Seen: der Obere See, der Huronensee und der Michigansee, flossen einst durch den Ottawa ab, während der Niagara (vgl. S. 93) den Eriesee entwässerte. Der Ontariosee aber lag gegen 40 m höher als jetzt. Von

Strandterrassen an dem quartären Bonnevillesee in Utah. Nach dem „U. S. A. Geological Survey“.

der Stelle, wo am Ontariosee die Stadt Hamilton liegt, läuft „wie ein Eisenbahndamm ein 34 m hoher, oben kaum 40 m breiter Wall nordwärts, sumpfiges Land von einem Haff scheidend. Wo er in seiner Mitte durchgraben ist, erkennt man, daß er aus grobem Schotter besteht, der auf feinem Sande ruht; darunter folgt Mergel. Es ist eine jugendliche Aufschüttung. Die Bewohner von Hamilton haben über ihren Ursprung keinen Zweifel, sie deuten den Wall mit Recht als die Nehrung eines um 34 m höher stehenden Ontariosees.“ (Penck.) Wir haben gesehen, wie bei diesem Tiefstande des Landes eine atlantische Bucht die Thäler des unteren Sankt Lorenz und des Hudson ausfüllte. Vielleicht dauerte noch später der Abfluß des Michigansees über die Schranken fort, die ihn heute vom Mississippi trennen. Im Geneseethal (West-New York) ist es gelungen, nicht weniger als zehn verschiedene Stufen der Seenbildung durch Terrassen und Strandlinien zu belegen. Im Großen Becken des Westens Nordamerikas stand einst der Bonnevillesee (s. die obenstehende Abbildung) 300 m über dem Spiegel des Salzsees und floß durch den Red Rock-Paß nach Norden. Als er mit zunehmender Trockenheit des Klimas sank, ließ er deutliche Strandlinien zurück, die der ganzen Landschaft um den Salzsee,

der sein Verdunstungsrest ist, horizontale Züge aufprägen. Außerdem sind die Reste der früh ausgefallenen, schwerlöslichen Kalksalze über das ganze Gebiet des alten Sees verbreitet.

Von den Gestaden des großen Salzsees nach Nevada reisend, bemerkt man als hervorstechenden geologischen Zug der Landschaft die alten Strandlinien des ehemals so viel größeren Sees, deren höchste mehr als 300 m über dem heutigen Seespiegel liegt. Diese früheren Uferterrassen treten rings um den See und nördlich bis nach Idaho hinein, westlich bis über die Grenze von Nevada in solcher Deutlichkeit hervor, daß vielleicht an keinem anderen Punkte der Erde eine große geologische Thatsache so zweifellos dem Lande aufgeprägt ist, wie der frühere höhere Wasserstand den Gebirgen um den Salzsee. Dort zählt man mindestens sechs ehemalige Uferlinien übereinander. (Vom Rath.)

Die große Mehrzahl der Seen ist jung; sie leben rasch, ihre hellen Spiegel sind nur Ruhepunkte in der Entwickelung zum Sumpfe, zum Moore, zum trockenen Lande. Die meisten Seen

Ufer des Viktoria Nyanza. Nach photographischer Aufnahme von Hauptmann Schloifer.

in unserem Lande gehen nicht hinter die Eiszeit zurück. Die frühere Zeit braucht nicht seenlos gewesen zu sein, aber ihre Seen sind gestorben.

Bei solcher Jugend muß die Geschichte der Seen aufs engste mit der Geschichte der Menschen verflochten sein. Unter den Augen ihrer Umwohner verwandeln sich ununterbrochen Seen in Land, und damit ändert sich die Lebensweise der Seeanwohner. Z. B. hat sich mit der Verwandlung des Ngamisees in einen Rohrsumpf die Bevölkerung vom See und vom unteren Okavango zurückgezogen, besonders die ackerbauende, und nur einige Viehzüchter sind zurückgeblieben. Süßwasserkalke und -mergel, Seesande und Geröllhalden, oft noch in regelmäßigen Terrassen übereinandergebaut, sind die für die Gegenwart wichtigen Folgen des Rückganges der Seen. Diese Bodenformen und Bodenarten bieten dem Menschen für Siedelung und Anbau manche günstige Gelegenheit. Nicht bloß an den großen Sankt Lorenzseen sind Städte, Dörfer, Straßen und Eisenbahnen auf den Seenterrassen angelegt, sondern dasselbe wiederholt sich an vielen Stellen, z. B. an unserem Würmsee und Chiemsee. Die angeschwemmten, flachen, tiefgründigen Schwemmränder der Seen sind besonders dicht bewohnt;

am Chiemsee z. B. kontrastiert die Zusammendrängung der Dörfer und Höfe am südlichen Schwemmrande, den die Alz aufgeschüttet hat, mit der dünneren Bewohnung der hügeligen Ufer der übrigen Seegestade.

So günstige Bedingungen auszubeuten, aber auch auszubreiten, hat der Mensch sich früh angelegen sein lassen. In der Trockenlegung von Seen ahmt er die Wirkungen der Natur nach. Am Kopaïssee wie am Fuciner See haben schon die Alten diesem Werke vorgearbeitet. Die Abzugskanäle des Kopaïssees waren zerfallen, als 1883 die neue Entwässerung des periodisch einschrumpfenden und sich ausbreitenden, versumpfenden und überschwemmenden Sees durch einen 4,2 km langen ober- und unterirdischen Kanal nach dem niedriger gelegenen See Helike begann. Die fruchtbaren Umgebungen dieses Einbruchsees werden nicht mehr den Kern eines „Reiches" bilden wie zur Zeit der Minyer, aber auf 25,000 Hektaren guten Bodens, den man gewinnen will, werden viele Tausende von Ackerbauern gedeihen. Durch die 1855 wieder begonnene, einst von Kaiser Claudius ins Werk gesetzte Austrocknung des Fuciner Sees sind dessen 145 qkm bis auf einen kleinen Sumpf trocken gelegt und weitere Umgebungen fieberfrei gemacht, Land für mindestens 40,000 Menschen und Gesundheit für viel mehr geschaffen.

An die Überschwemmungen der Flüsse erinnert der zeitweilige Austritt der Seen aus ihren Ufern, der die Wohn- und Arbeitsstätten der Menschen unter Wasser setzt und den blühenden Kulturstreifen des Seeuferlandes zurückdrängt. Die Schwankungen des Tsadsees haben seit Jahrhunderten, wie sie kamen und gingen, Menschen vom See abgedrängt und zum See hingezogen, wovon wir oben auf S. 181 einige Beispiele gegeben haben. Nicht anders auch bei uns. 1875 stürzte ein Stück des Ufergeländes auf der linken Seite des Züricher Sees samt der Eisenbahn in den See, etwa 60,000 cbm, und der See war darauf tiefer als vorher. Sendtner sah am Südufer des Chiemsees Land dauernd zu See geworden, das noch die Spuren des Pfluges trug. „Ich selbst", erzählt er, „habe dort, bis halb ans Knie im Wasser, den Senecio paludosus an Stellen gesammelt, die die Spur des Pfluges deutlich an sich trugen." Wie am Meere, sucht man an den Seen sich durch Dämme und Kanäle gegen die unberechenbaren Übergriffe des Wassers zu schützen. Erst 1900 hat man die nordwärts gegen Bregenz hin verlegte neue Rheinmündung geöffnet, die das Deltaland an der Mündung des Rheines in den Bodensee gegen Überschwemmungen schützen soll. In den Gebirgen dämmt man kleine Seen, um sich die Wasserkraft ihrer Abflüsse zu sichern, und hat in den Südvogesen sogar einige trockene Seebecken zu diesem Zwecke künstlich wieder aufgefüllt.

So wie an Größe der Kaspische See zwischen dem Pontus und der Ostsee steht, vergleicht sich auch manche kleinere Seefläche mit Meeresabschnitten. Alle Küstenformen des Meeres kommen auch an Binnenseen vor, besonders Fjorde, Nehrungen, Dünen, Anschwemmungsländer und Deltas, und die Bedeutung dieser Küstenformen für den Verkehr wiederholt ozeanische Bedingungen. Der Länge der Küstenlinie der Großen Seen, 9200 km, und ihrer Verbindungsflüsse, die fast so groß ist wie die Länge der Atlantischen Küste von Maine bis Panama, entspricht ihr Hafenreichtum und Verkehr. 1898 hatten die Vereinigten Staaten von Nordamerika eine Handelsflotte von 4,8 Millionen Tonnen, wovon 1,5 auf die Schiffe der Großen Seen entfielen. 1897 wurden noch etwas mehr Schiffe (116,000 Tonnen) auf den Werften der Großen Seen als der Seeküste gebaut. In demselben Jahre fuhren auf den Großen Seen überhaupt 3444 Schiffe, 1304 unter kanadischer Flagge, davon 2120 unter Dampf. Dazu kamen 3000 Fischerboote, Jachten und dergleichen. Wie lange wird es dauern, bis dem vollkommen naturgemäßen Hindrängen dieser Entwickelung nach dem Meere sich breitere Bahnen

öffnen? Die Verkehrsentwickelung geht im Gebiete der Großen Seen auf immer größere Erleichterung und Abkürzung der Seeverbindungen hin; vgl. die untenstehende Karte. Der geplante Kanal Georgian Bay-Ottawa wird die Entfernung Duluth-Montreal um 600 km abkürzen. Das heißt, der Verkehr öffnet sich die Verbindungen der Großen Seen mit dem Meere wieder, die Bodenschwankungen früher bewirkt und dann wieder gehemmt hatten.

Die Küsten der Seen sind Gebiete dichterer Bevölkerung, die in erster Linie der Verkehr, dann aber auch die geschützte und klimatisch bevorzugte Lage hier zusammenführen. Die zweitgrößte Stadt der Vereinigten Staaten von Nordamerika liegt am südlichsten Punkte der Großen Seen, Chicago (1900: 1,7 Millionen Einwohner), außerdem sind an ihnen von großen Städten

Die Tiefwasserwege der Großen Seen in Nordamerika. Nach den Veröffentlichungen der „Deep Waterways Commission“, 1896.

noch Cleveland, Buffalo, Detroit, Milwaukee, Toledo, in Kanada Toronto, mit zusammen 1,5 Millionen Einwohnern gelegen. Die größten Städte der deutschen und romanischen Schweiz, Zürich und Genf, liegen an Seen. St. Petersburgs mächtige Wasserader ist der Abfluß des Ladogasees, und Stockholm liegt zwischen Ostsee und Mälarsee. Am Bodensee sind die Lage von Konstanz am Austritt des Rheines, von Lindau und Reichenau auf ihren Eilanden, von Bregenz und Rorschach im Schutze der Berge oft wiederkehrende Seenlagen. Wie Konstanz liegen Genf, Zürich, Luzern, Biel; hier, am Ausfluß einer gewaltigen Wassermasse aus dem See, kommt auch die mühlentreibende Fallkraft als Motiv der Ansiedelung mit ins Spiel.

In den unbewohnbaren Flächen der Seen grenzt eine freie Natur unmittelbar an das Leben der Menschen an. Auch dies ist ein meerartiger Zug. Schutzbedürfnis und Nahrungsbedürfnis vereinigen sich, um den Völkern die Ansiedelung am Rande der Seen zu empfehlen. Alte Pfahlbauten und neue Pfahlstädte bezeugen die Gunst dieser Lage. Aber es scheint, daß man sie noch höher hinauf verfolgen kann in das Leben der Völker und in die Entwickelung selbständiger Kulturen. Von den Umgebungen des Titicacasees sollen die Inka ausgegangen

sein, und Merikos Hauptstadt, Tenochtitlan, lag an den Lagunen des Hochlandes von Anahuac. An den Nachbarsee von Tezcoco lehnten sich in ähnlicher Weise die Tolteken. Am Ukerewesee hat sich der blühendste Wahumastaat, Uganda, entwickelt, am Tsadsee Kanem, Bornu und Baghirmi. Im kleinen wiederholt sich die Begünstigung der Staatengründung an Seerändern am Vierwaldstätter See, um den die Urkantone, der Kern der Eidgenossenschaft, sich ankristallisierten.

Die Seenlandschaft.

(Vgl. die Abbildungen, S. 204 und 205.)

In dem Vergleich eines Sees mit einem in die Landschaft eingesetzten Edelstein liegt auch für den wissenschaftlichen Naturschilderer die doppelte Wahrheit, daß der See sich von seiner Umgebung abhebt, einen Gegensatz zu ihr bildet, und daß dann doch wieder der See ganz in seine Umgebung hineingebettet ist, sie widerspiegelt, anstrahlt, belebt, ihre Farben abtönt oder hebt. Der Reiz unserer Mittelgebirgsseen liegt ebensowohl in ihrem stillen und doch zu Zeiten leicht bewegten Spiegel, als in der Plastik ihrer Bergumrandung und den Formen ihrer Buchten und Vorsprünge. Bei den Fjordseen kommt noch die Steigerung durch den Reichtum der Inseln und Halbinseln dazu. Ebendeswegen ist auch das Bild gut: die Seen sind die Augen der Landschaft. Der hellgrüne oder tiefblaue See in einem Felsgrund strahlt uns sprechend und heiter an, der Weiher in mooriger Mulde oder vor dem dunkeln Waldsaum schweigt und macht die Landschaft träumen. Ganz anders wirken die Farben des Wassers im See als im Meer. Das Blau oder Braun des Seespiegels ist in das Grün des Waldes oder der Wiesen gebettet, und wir sehen es, von oben herabsteigend, von allen Seiten her durch die Tannen schimmern. Das Tannengrün ist unbeschreiblich warm neben dem mineralischen Grün des Wassers; aber dem Blau des Wassers ist auch wieder das Wohlthuende des Blaues ferner Berge eigen, die hereinschauen. Der dunkelgrüne See wird am Ufer hellgrün, und endlich scheint der Boden gelblich durch, der blaue See wird am Ufer grün und immer heller, wie eine Spiegelung des Landes oder wie ein lichter Ufersaum im Wasser neben dem Ufer am Land. Darin liegt das räumlich Kleine, aber auch das Individualisierte der Erscheinung der Seen. Jenes macht den See abhängig von seinen Umgebungen, dieses hebt seine Selbständigkeit.

Den Einfluß der Lage und der Umgebungen auf die landschaftliche Wirkung zeigen die Vorlandseen der Alpen sehr gut. Der Genfer See tritt räumlich aus den Grenzen eines Hochgebirgssees heraus, aber nach Lage und landschaftlicher Erscheinung gehört er zu dem Hochgebirge, welches ihn mit in Tagereisen zu erreichenden Gipfeln von 2—3000 m umgibt, und dessen beherrschende Erhöhung, der Mont Blanc, durch den glücklichen Zufall des tiefen Dranse-Einschnittes zu den Bergen zählt, die man vom Niveau des Sees aus wahrnimmt. Auch auf der Nordseite liegen die kulminierenden Höhen des Schweizer Jura nur in leicht erreichbarer Entfernung. Man besteigt von Nyon aus die Dôle in 6 Stunden. Die Ufer des Genfer Sees haben nichts von dem sanftwelligen Charakter der Ufer der Vorlandseen der deutschen Alpen oder sogar des Bodensees. Im Vergleich mit ihm liegt besonders der letztere schon auf einer Vorstufe des Gebirges. Sie sind gebirgig im Osten, Süden und Westen, aber auch am Nordufer steigt man in den wenigst gebirgshaften Geländen von Morges und Lausanne steil an, wenn man sich landeinwärts begibt. Das schöne Münster von Lausanne liegt eine kleine halbe Stunde von Ouchy entfernt, aber der Höhenunterschied zwischen beiden beträgt schon 114 m.

Tiefe Einschnitte beherbergen Bäche, deren rasches Fließen und deren rauhe Kiesbetten von der Nähe des Gebirges erzählen. Das ferne Heraufdämmern des Hochgebirges im Gesichtskreise

des Züricher oder Starnberger Sees hat seinen Reiz, der künstlerisch vielleicht höher steht als das schroffe Herandrängen, aber imponierend sind diese schneestreifigen Gipfel, die im südöstlichen Teil des Sees sich sogar spiegeln, wo eine Genfer See-Landschaft ohne Dent du Midi überhaupt fast undenkbar ist. Seen, die ferner vom Gebirge liegen, vereinigen mehrere Landschaftstypen, und darin liegt ihr Reichtum. Der Bodensee, der Starnberger und der Ammersee, der Chiemsee liegen bereits auf der Hochebenenstufe am Rande der Nordalpen, vom eigentlichen Fuß der Alpen beträchtlich entfernt; ihre Umgebungen sind Moränenhügel. Daher ist hier eine

Der Louisasee im Felsengebirge Kanadas. Nach Walter D. Wilcox.

Landschaft aus Elementen der Hochebene und des Hügellandes, in die von Ferne das Hochgebirge hereinschaut. Dabei kommen natürlich die allerverschiedensten Variationen vor; die schönsten vielleicht an den Seen, die, wie der Kochelsee, so hart am Fuße des Gebirges liegen, daß dieses sich darin spiegelt, während sie sich auf der anderen Seite weit ins Land hinausziehen, wo sie in Rohr und Moor übergehen: ein Blick in die Höhe und ein Blick in die Weite von derselben Wasserfläche. Es liegt in der Natur der Gebirgsseen, daß sie häufig diese Lage einnehmen, auch in unseren Mittelgebirgen (vgl. oben, S. 165).

Den Wassermassen der Seen, die scheinbar ruhig in ihren im festen Erdboden gehöhlten Becken stehen, ist doch etwas Unheimliches eigen. Ihre Tiefe bleibt immer etwas Unbekanntes, denn, wenn wir auch für dieselbe eine bestimmte Zahl angeben können, was nicht immer der Fall, unser Auge dringt nicht bis in diesen Abgrund. Gelegentlich wirken Bewegungen von unten

herauf; nach plötzlichem Anschwellen sinkt das Wasser ebenso rasch wieder, dessen Spiegel bei diesem Vorgange nicht im geringsten stark oder gar heftig bewegt wird. Unheimlich ist der Gegensatz der sonnigen Klarheit des Seespiegels, der in seinem hellen Beryllgrün oder im treuen Blau ein Bild der Ruhe und Reinheit ist, zu dem Eindruck, den er gewährt, wenn das Wort gilt: „Es rast der See und will sein Opfer haben.“ Was Gustav Schwab in seiner erschütternden Dichtung „Der Reiter und der Bodensee“ von der gefrorenen Fläche sagt, ist allbekannt. Gerade ein über das mittlere Maß unserer in der Regel einige Quadratkilometer nicht

Die Plitvicer Seen in Kroatien. Nach Photographie von Krapek, Marburg a. d. Drau.

überschreitenden Seen hinausgehender See vereinigt alle diese Wirkungen in erhöhtem Maße in sich. Wenn Wolken oder Nebelschleier über das jenseitige Ufer sich herabsenken, glaubt man aufs Meer hinauszublicken. Eine linde Mondnacht versetzt uns in die Lagunen. Der Name schwäbisches Venedig für Lindau, schwäbisches Meer für den Bodensee enthalten beide ein Körnlein Wahrheit. Wellenschlag und Sturm machen den See meerähnlicher. Wer den Sinn hat, das zu empfinden, fühlt sich hier trotz alles heiter Menschlichen, das an die Seen sich drängt, der Einsamkeit der menschenfernen Natur gegenübergestellt, deren größte Verkörperung eben das Meer ist. Längst ausgetrocknete Seen haben in die Landschaft ihre tischartig flachen Thalebenen gelegt, die der einförmigen Fläche des Wassers, aus der sie entstanden, nachgebildet sind.

Jüngst ausgetrocknete Seen gehören zu den Sonderbarkeiten der Natur. In Karstländern und Steppen sind sie nicht selten. Als Noé den ausgetrockneten Zirknitzer See besuchte, auf dessen

Grund nicht die kleinste Ansammlung von Wasser mehr stand, war das Ufer nur an den Höhlungen kenntlich, die das Wasser hineingewaschen hatte. „Ich sah einen welligen Boden, von kotigen Gruben unterbrochen. Den Boden bedeckten Stoppeln abgemähten Schilfes und bleiches Torfmoos. Bei den ersten Schritten im Seeboden sah ich Kühe und ihre Hirten. Die Kähne, mit welchen zu anderer Zeit gefischt wird, lagen auf dem grauen Boden. Inseln waren am grünen Strauchwerk kennbar. Manchmal begegnete uns mitten im See ein Mann mit einer Sense, der ausging, irgendwo Röhricht zu mähen. Auch hochschäftige Pflanzen hatten schon Zeit gehabt, sich zur Blüte zu entwickeln, das engblätterige, gelbblumige Thaliktrum, das hohe Sumpfsenecio. Eine deutliche Fahrstraße geht mitten durch den See, wo sonst Hechte und Krebse sich tummelten, ist in den weichen Boden die Geleisspur der Räder eingedrückt. Zu beiden Seiten ist die Ebene glatt wie ein Tisch, grau von Flechten, weißlich von vertrocknendem Moor, grün von kurzem Gras. Die Kalkfelsen erkennt man nicht vor dem braunen Schlamm, der sie überzieht. Solche Felsen umstehen die Trichtergrube, in die der See hineingeflossen ist, und aus der er, beim Steigen des Wassers, wieder hervorbricht. Schmale Rinnsale gehören den Bächen an, die sich zuletzt in diese Grube ergossen haben. Kähne sind als Brücken darüber gelegt, die bestimmt sind, wieder Fahrzeuge zu werden. Das größte dieser Thore in die Unterwelt ist breit gewölbt, ein Bach fließt an Vergißmeinnichtbüschen rauschend hinein, und von oben fallen Tropfen von wachsenden Stalaktiten nieder."

---

8. Das Meer.

Inhalt: Die Meereshöhe und ihre Schwankungen. — Die Bestandteile des Meerwassers. — Salzgehalt und Dichtigkeit des Meerwassers. — Die Farben des Meeres. — Die Niederschläge auf dem Meeresboden. — Organische Meeresniederschläge.

Die Meereshöhe und ihre Schwankungen.

Neben dem äußeren Zusammenhange des Weltmeeres steht die Übereinstimmung der Höhe der Meeresoberfläche oder des Meeresspiegels als wichtigstes Zeugnis seiner Einheit. Praktisch kann man heute ohne Bedenken sagen: die Meeresoberfläche steht an allen bekannten Küsten annähernd in gleicher Höhe. Ein großer Teil der Bewegungen im Meere bezweckt den Ausgleich geringer Unterschiede dieser Höhe, die aus wechselnden Gründen an den Gestaden der verschiedensten Meere vorkommen. Aufstauungen nach der einen, Abfluß nach der anderen Seite, Tieferlegung durch Verdunstung und daran anschließend Zufluß von höherliegendem Meeresteile her gehören zu den größten Ursachen der Meeresströmungen. Aber diese Ungleichheiten, die sich ausgleichen, sobald sie einen kaum merklichen Betrag erreichen, ändern nicht die Höhenlage der Meeresfläche im großen. Diese bleibt, wofür schon Newton sie erkannt hatte, der sichtbare Ausdruck der Erdgestalt. Die mittlere Höhe der ruhenden Wasserfläche des Meeres, bestimmt durch Pegel und, in neuerer Zeit immer mehr, durch selbstthätige Flutmesser (Mareographen), zeigt uns das Geoid (s. Bd. I, S. 96) in seiner reinen Gestalt.

Als Napoleon 1799 die Frage des Sueskanals wieder aufnahm, mußte die erste Arbeit die Wegräumung des Glaubens an die große Ungleichheit der Höhe des Mittelmeeres und des Roten Meeres sein, weshalb er zunächst eine Vermessung der Landenge veranstalten ließ. Das Ergebnis lautete, es stehe das Rote Meer etwas über 9 m höher als das Mittelmeer. Der

Kanal wäre also ein Strom geworden, der in das Mittelmeer aus dem Roten Meere mit einem beträchtlichen Gefälle sich ergossen hätte. Bei der lockeren Beschaffenheit der Ufer würde er eine Masse Sand und Schlamm abgebröckelt und mitgerissen und weiter unten wieder angeschwemmt haben. Jene Überflutung Unterägyptens, die schon dem Darius Hystaspes Bedenken erregt hatte, würde vielleicht eingetreten sein. Wenige Ingenieure teilten die Meinung Stephensons, daß gerade diese Strömung unbedingt nötig sei, um die Mündung des Kanals ins Mittelmeer offenzuhalten. Stephenson wurde ein Feind des Kanalprojektes, sobald die Messungen Linants den Beweis lieferten, daß die beiden Meere fast genau auf gleicher Höhe stehen. Thatsächlich hat sich im Sueskanal, als er endlich 1869 die beiden Meere verband, keine beständige Strombewegung gezeigt.

Zu so großen Ungleichheiten wie im Altertum, das die Natur des Meeresspiegels nicht wohl verstehen konnte und die Kanäle von Sues und Korinth auch wegen der Furcht vor dem ungleichen Stande der Meeresteile unvollendet ließ, ist die Ozeanographie nicht mehr zurückgekehrt. Langsam war seitdem die Vorstellung von der Gleichhöhe des Weltmeeres als eine notwendige Folge der Kugelgestalt der Erde durchgedrungen. Es handelte sich nur noch um kleine Schwankungen; so, wenn A. von Humboldt auf Barometerbeobachtungen an fünf Orten (Cumaná, Cartagena, Veracruz, Acapulco und Callao) hin glaubte, einen Unterschied des Höhenstandes von 3 m zwischen dem Stillen und dem Atlantischen Ozean nachgewiesen zu haben. Möglicherweise ist hier gar kein Unterschied vorhanden, doch ist die Frage wohl noch nicht ganz entschieden, ob er nicht fast unmerklich sei. Ebenso schwebt noch Unsicherheit über einem angeblichen Unterschiede von ½ m im Höhenstande des Indischen Ozeans an der West- und der Ostküste Indiens. Jedenfalls haben die Kanalbauten von Panama und Nicaragua nicht mit dem Gespenst eines dauernden Höhenunterschiedes beider Ozeane, sondern mit der Wirklichkeit des großen Gezeitenunterschiedes, besonders zwischen Colon und Panama, gerechnet.

Verhältnismäßig beträchtliche Unterschiede der Höhe bleiben nur noch zwischen offenen und halbgeschlossenen Meeren bestehen. Das stark verdunstende, zwischen trockenen Ländern liegende, wenig Zuflüsse empfangende Mittelmeer steht bei Marseille um 1,62 m tiefer als der Atlantische Ozean bei Brest, wogegen die salzarme Ostsee um einige Zentimeter höher steht als die Nordsee. Eine niedrigere Wassersäule des schwereren Mittelmeerwassers hält einer höheren des leichteren atlantischen Wassers das Gleichgewicht. Umgekehrt liegen die Verhältnisse im Amerikanischen Mittelmeer, wo die Erhebung des Wasserspiegels des warmen Golfes von Mexiko über den des Atlantischen Ozeans als nachgewiesen gelten kann.

Diese Verhältnisse sind natürlicherweise von der größten Bedeutung für die Höhenmessung. Es ist nicht ganz genau, wenn wir sagen: der Ort liegt so viel über dem Meere; wir müssen hinzufügen: über der Ostsee, über dem Adriatischen Meere, wie das ja längst üblich geworden ist für die Höhenangaben auf unseren Bahnstationen. Die österreichischen Generalstabskarten beziehen ihre Messungen auf den Spiegel des Adriatischen Meeres bei Triest, welcher 46 cm tiefer liegt als der Nullpunkt oder Normalnull der deutschen Generalstabskarten. Letztere aber beziehen sich überhaupt nicht mehr auf das schwankende Meeresniveau, sondern auf eine wissenschaftlich genau festgestellte Höhenmarke in Berlin, die nahezu zusammenfällt mit dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels und dem Meeresspiegel der Ostsee bei Swinemünde.

Daß ein halb abgeschlossenes Meer keinen regelmäßigen mittleren Wasserstand haben kann, haben wohl am sichersten die Messungen der Ostsee nachgewiesen. Der Stand eines solchen Meeres wird durch fortschreitende (säkulare) und periodische Schwankungen ununterbrochen verändert. Die Bedeutung der ersteren lehrt uns die Geschichte der Ostsee, die uns einen binnenseegleich unselbständigen, von seinen Landumgebungen abhängigen Meeresteil

erkennen läßt, und unter den periodischen stehen die Wirkungen der Niederschläge und der Winde obenan. Der Spiegel der Ostsee steigt, wie langjährige Beobachtungen zeigen, von 0,048 m unter Normalnull bei Travemünde auf 0,138 m über Normalnull bei Memel. Das ist hauptsächlich die Wirkung vorwaltender Westwinde. Wahrscheinlich liegt aus demselben Grunde die mittlere Höhe der Ostsee im ganzen 150 mm über der des Kattegats. Man kennt in der Ostsee Schwankungen um 3,4 m als Folge andauernd in einer Richtung wehender Winde. Auch wenn wir von den Sturmfluten absehen, kommen innerhalb eines Jahres Niveauverschiebungen um 2,12 m vor. An den deutschen Küsten bewirkt das frühe Steigen der Südzuflüsse eine Anschwellung im März, während zugleich das Winterminimum des Wasserstandes im nördlichen Teile sich vertieft. Dahinter müssen natürlich die unmittelbaren Wirkungen des Luftdruckes verschwinden. Wohl entspricht jeder Barometerschwankung eine Schwankung des Meeresspiegels um das 13,6fache. 10 mm Druckunterschied am Barometer sind 0,136 m Unterschied im Meeresspiegel. Einer Barometerschwankung von etwa 49 mm, wie sie im Klima Rügens vorkommt, würde 600 mm Schwankung des Meeresspiegels entsprechen, aber die wesentlich durch Wind hervorgerufenen Seespiegelschwankungen erreichen in Lohme auf Rügen 2120, in Travemünde 3050 mm, und entsprechend dem kontinentalen Niederschlagsmaximum schwillt die Ostsee im Sommer, Juli bis September, an.

Temperaturänderungen müssen auch Volumänderungen hervorbringen, die allerdings praktisch nicht so ins Gewicht fallen, wie man sonst annehmen wollte. Wenn Hagen das Steigen des Ostseespiegels im Sommer der Ausdehnung durch Wärme zuschreiben wollte, so ist allerdings zuzugeben, daß ein Steigen der Temperatur von 4° auf 19° das Ostseewasser um 0,0017 weniger dicht machen müßte. Das würde bei 50 Faden mittlerer Tiefe ein Steigen des Spiegels um 10—13 cm hervorbringen können. Da aber die Oberflächentemperatur schon bei 3 Faden Tiefe abnimmt, können höchstens 2 cm als durch Wärme bedingte sommerliche Zunahme angenommen werden. Auch starke Temperaturerniedrigung muß im Wasser Ausdehnung bewirken. Das Wasser nimmt bei etwa 4° den kleinsten Raum ein. Sein spezifisches Gewicht hier zu 1000 gesetzt ist 998 bei —8° und ungefähr ebensoviel bei 20°. Da aber gefrierendes Wasser auch immer Luft mit einschließt, hat Eis ein zwischen 0,89 und 0,95 schwankendes spezifisches Gewicht.

Das bedeutet eine Anschwellung des Meeresniveaus gegen die Gebiete ausgedehnter und andauernder Vereisung in den polaren Regionen hin. Und gleichzeitig bedeutet die Eisbildung das Entstehen ausgedehnter fester Massen, welche in den Fjorden und Meeresstraßen, von Brandung und Gezeiten bewegt, sich hoch hinauf als Eisfuß bauen. Die Reisen der Polarfahrer lehren uns, daß vom Herbst bis Frühsommer ausgedehnte Teile des Eismeeres durch Packeisgürtel äquatorwärts abgeschlossen sind. Hinter ihnen ist offenes Wasser; da nun hier die freie Kommunikation zwischen den Eismeeren und den äquatorwärts gelegenen Meeresstrecken gehemmt ist, hat die Neigung zur Steigerung der Höhe des Meeresspiegels in den polnäheren Gebieten freies Spiel. Beim Nachlassen der Eisbildung in der warmen Jahreszeit wird die Ansammlung und Aufstauung von Schmelzwasser, das ebenfalls leichter als Meerwasser ist, an die Stelle des Eises treten. Immer wird das Ergebnis sein, daß auch im Höhenstand das Nördliche Eismeer ein Mittelmeer ist, das vom allgemeinen Niveau des Weltmeeres mehr abweicht als andere Meeresteile.

Die Verdunstung auf der einen Seite und die Zufuhr von Süßwasser durch Niederschläge, Flüsse und schmelzendes Eis auf der anderen, dazwischen die unmittelbare Wirkung der Wärme

auf die Ausdehnung des Meerwassers müssen also die Meeresfläche hier heben und dort niederdrücken. Mohn hat in seinen Arbeiten über das Nordmeer gefunden, daß die Abnahme der Dichte des Meerwassers von dem Inneren des Nordmeeres nach den Küsten zu bewirkt, daß die Meeresfläche nach den Küsten zu um 0,6 m ansteigt. Es gibt nun aber größere Gegensätze zwischen dem Inneren und dem Rande von Meeresteilen, z. B. im mittleren Atlantischen Ozean, wo die Passatregion ein Maximalgebiet der Verdunstung ist, während an der amerikanischen Küste reiche Niederschläge fallen. Hier muß also die Meeresfläche nach Westen zu noch mehr ansteigen, wozu noch die Aufstauung der Meere durch die Ostwinde und die von ihnen bewirkten Strömungen kommt. Die zeitweilig gewaltigen Wassermassen, die aus der westlichen Karibensee in den Golf von Mexiko eintreten, erhöhen den Spiegel des Golfes von Mexiko über den Spiegel des Atlantischen Ozeans. Die Stärke des Yukatanstromes (s. unten, S. 237) kann auf die Hälfte heruntersinken, und wenn dieses geschieht, bringt sogar Wasser aus dem Ozean in den Golf von Mexiko ein.

Die Wiederkehr niederschlagsreicher und kühler Jahresreihen, die mit trockenen und warmen wechseln, bringt einen periodischen Klimawechsel hervor, der zum Teil unmittelbar, noch mehr aber durch die Flüsse auf den Stand des Meeres einwirken muß. Vgl. auch oben, S. 28 u. 173. Messungen an der Ostsee und am Schwarzen Meer lassen keinen Zweifel darüber bestehen, daß nach einer Reihe feuchterer Jahre ihre Oberfläche steigt, während, wie zu erwarten, ihr Salzgehalt zugleich abnimmt: beides sind Ursachen eines höheren Standes. Noch viel größere Schwankungen der Meeresfläche, als die Gegenwart kennt, müssen aber im Lauf der Erdgeschichte eingetreten sein. Kälte verminderte die Niederschläge und vermehrte das feste Wasser, Wärme vermehrte die Verdunstung und die Niederschläge und verminderte das Eis. In jeder Eiszeit muß weniger flüssiges Wasser dagewesen sein als vor- und nachher, und damit mußte der Meeresspiegel auf und ab schwanken. Die Strandlinien (s. Bd. I, S. 215) darauf zurückzuführen, wird zwar heute niemand mehr versuchen, aber die Thatsache leichterer säkularer Verschiebungen des Meeresspiegels zwischen Eiszeiten und eisarmen Zeiten darf auch nicht übersehen werden.

Eine Frage für sich bildet der Einfluß der Anziehung der Landmassen auf die Meere. Da das schwere Land das leichte Wasser anzieht, müssen die Ozeane fern von den Ländern tiefer liegen als an den Küsten. Solange man nichts von der unregelmäßigen Verteilung der Schwere in der Erde wußte, die vielfach geringer unter den Festländern als unter den Meeren ist (s. Bd. I, S. 105), mochte man Einsenkungen des Spiegels der großen Meere bis um 1000 m voraussetzen. Bewiesen sind sie aber nicht, sondern wahrscheinlich ist nur eine Depression in den landfernsten Meeresgebieten von höchstens 150 m. Auch hier hat die Vervielfältigung der Erfahrungen die großen Werte, die man annahm, herabgedrückt und dafür die Erscheinung selbst als eine weitverbreitete nachgewiesen. Wir wissen jetzt, daß nicht nur die Kontinente anziehend wirken, sondern auch der Meeresboden, dessen Anziehung schwere Massen, die unter ihm weitverbreitet sind, verstärken können, während Massendefekte unter den Festländern deren Anziehung vermindern müssen.

Die Bestandteile des Meerwassers.

Das Meerwasser ist eine ziemlich starke Salzlösung. In allen großen Meeren sind mehr als 3 Prozent Salz; im Atlantischen Ozeane sind es durchschnittlich 3,5, in der Nordsee 3,3, im Nördlichen Eismeer 3 vom Hundert. Nur in den Nebenmeeren kommen größere Unterschiede vor. Die Ostsee z. B. hat im Finnischen Golf nur noch 1/1000 Salz, das Schwarze Meer 1,5 Prozent, das Mittelmeer dagegen 3,7 und im levantinischen Abschnitt bei Kreta 3,9, der nördliche

Teil des Roten Meeres 4 und in der Bai von Sues sogar 4,2 Prozent. Mit diesem Salzgehalte hängen höchst folgenreiche Eigenschaften zusammen: die große Dichtigkeit, der tiefe Gefrierpunkt, der Lebensreichtum und die Masse der vom Meere gebildeten Niederschläge. Ununterbrochen geht die Erneuerung dieses Salzgehaltes durch die Zufuhr von gelösten Stoffen in den Flüssen, durch Vulkanausbrüche und durch das Hineinfallen von Staub aus der Luft vor sich, doch wird er ebenso ohne Unterlaß durch die Ausscheidungen verändert, deren Zeugnisse wir in der Lebewelt des Meeres und auf dem Meeresboden finden.

Überall wiegt unter den festen Bestandteilen des Meerwassers das Kochsalz unbedingt vor; es nimmt mehr als drei Vierteile, im Mittel 78 Prozent, in Anspruch. Neben dieser Chlorverbindung des Natriums kommen andere, mit Kalium und Magnesium, in geringerer Menge vor, und die Gesamtheit der Chlorsalze beträgt fast 9/10 des ganzen Salzgehaltes. Von anderen Salzen sind nur Bittersalz und Gips noch in beträchtlichen Mengen vorhanden. Kohlensaure Salze sind daneben schwach vertreten, gewinnen aber eine gewaltige Wichtigkeit durch ihren Übergang in die Organismen und durch ihren großen Anteil an der Bildung der Niederschläge auf dem Meeresboden. Dasselbe gilt von der Kieselsäure. Jod und Brom, die ebenfalls in sehr geringen Mengen im Meerwasser vorkommen, werden dadurch wichtig, daß sie von Organismen in ihren Geweben konzentriert werden, weshalb sie aus der Asche von Seepflanzen gewonnen werden können. Schwefel ist einflußreich durch seine Bindung im Gips und als Schwefelwasserstoff; außerdem ist der Reichtum an Sulfaten ein sicheres Kennzeichen des Eisschmelzwassers, da die Sulfate beim Gefrieren des Meerwassers in größerem Maße in das Eis aufgenommen und gebunden werden als die Chloride. Phosphor ist stark in den tierischen Geweben vertreten. Wenn heute mehr als 30 Elemente im Meere nachgewiesen sind, darunter Eisen, Kupfer, Nickel, Kobalt, Zink, Gold, Silber, Rubidium, allerdings zum Teil in so kleinen Mengen, daß weder Messung noch Wägung möglich waren, so ist die Annahme vielleicht nicht zu gewagt, daß überhaupt alle Elemente im Meere vorkommen. Welchen Teil der Erde hätte diese gewaltige Wassermasse des Meeres nicht bespült und ausgelaugt im Laufe der Jahrmillionen, in denen Land und Meer sich berührt und wechselseitig verdrängt haben?

Für die Bestimmung des Salzgehaltes des Meeres ist es praktisch wichtig, daß der Chlorgehalt des Meerwassers zu dem gesamten Salzgehalte in einem festen Verhältnisse steht; so kann man durch Bestimmung des Chlorgehaltes mit ziemlich großer Genauigkeit den Salzgehalt finden (Chlortitrierung). Das Verhältnis des Chlorgehaltes zum Salzgehalte 1:1,81 ist der Chlorkoefficient.

Nachdem schon Gümbel im Globigerinenschlamm von der „Gazelle" eine Menge Fettkörnchen gefunden hatte, die er mit der Erdölbildung in Zusammenhang brachte, wiesen neuerdings die Untersuchungen Natterers im Mittelmeer das regelmäßige Auftreten einer Fettsubstanz im Seewasser nach. Sie enthält Glycerin, Akroleïn, vielleicht auch Palmitin- und Stearinsäure. Das alkalisch reagierende Meerwasser hat diese Fette, solange sie in geringerer Menge vorkommen, verseift, so daß sie als Salze in dem salzreichen Wasser gelöst sind und wohl zu dem mancherorts auffallend starken Schäumen des Meerwassers beitragen. Das Fett stammt jedenfalls von der Zersetzung der Seepflanzen und Seetiere. Wo diese in solchen Mengen verwesen, daß das Meer die Fette nicht chemisch binden kann, mag es unter der Schlammdecke zu Petroleumbildung kommen. Grundproben aus der Gegend von Cypern zeigten Natterer einen entschiedenen Erdölgeruch.

Das Verhältnis der Bestandteile des Meerwassers schwankt mit der Tiefe. Vor allem wichtig ist die Zunahme der Kohlensäure mit der Tiefe, wodurch die Abnahme der kohlensauern

Salze bedingt wird, die durch die Kohlensäure aufgelöst werden. Besonders muß das bis 30° erwärmte Wasser tropischer Meere, auch wenn es kohlensäureärmer ist, eine größere Lösungsfähigkeit für diese Verbindung haben, was bei den Umgestaltungen, welche die Korallenriffe erfahren, wohl zu beachten ist (vgl. Bd. I, S. 327 u. f.). Eine andere Folge davon ist die Verschiedenheit der Zusammensetzung des Meeresbodens in verschiedenen Tiefen und besonders das Vorherrschen der thonigen Niederschläge an den tiefsten Stellen. Davon hängt auch die geringere Alkalinität des unmittelbar über dem Boden befindlichen Meerwassers ab. Der Boden selbst wirkt auf die Zusammensetzung des Meerwassers zurück. Wir sehen, wie in Berührung mit dem blauen Schlick der Flachwassergebiete das Seewasser Veränderungen erfährt: Sulfate werden reduziert, kohlensaurer Kalk niedergeschlagen und Schwefelwasserstoff gebildet, der sich mit dem Eisen des Schlicks zu Schwefeleisen verbindet, dem der Schlick seine blaue Farbe verdankt. Wo zu wenig Eisen ist, erscheint der Schwefelwasserstoff frei, wie am Grunde des Schwarzen Meeres.

Eine ganze Reihe von Unterschieden in der Zusammensetzung des Meerwassers hängt mit Verschiedenheiten der Lebensthätigkeit zusammen. So scheint das Jod in den höheren Schichten des Meeres durchaus an organische Stoffe gebunden zu sein, wogegen es in den tieferen frei vorkommt und mit der Tiefe zunimmt. Wenn sich im Mittelmeer unterhalb 50 m salpetrige Säure findet und zwar am meisten in dem eben dem Boden aufliegenden Wasser, so führt ihr Fehlen in den oberflächlichen Schichten wohl auf die Zersetzung durch das vegetabilische Plankton zurück das sich den Stickstoff daraus aneignet.

Das Meerwasser empfängt Gase aus der Luft und durch sein organisches Leben. Die Bestandteile der Luft gehen in das Meerwasser über, das besonders bei stürmischer Bewegung sich höchst innig mit der Luft berührt. Wieviel Luft aufgenommen wird, hängt von der Temperatur und vom Lufdruck ab, zum Teil auch vom Salzgehalt. Je kälter das Meerwasser ist, desto mehr Luft nimmt es auf, daher ist auch das kalte Tiefenwasser luftreicher als das warme Oberflächenwasser. Der Stickstoffgehalt wächst genau mit abnehmender Wärme, aber der Sauerstoff verhält sich anders. Daher finden wir Stickstoff und Sauerstoff im Meerwasser nicht in dem Verhältnis, in dem sie in der Luft vorkommen. Das Meerwasser nimmt an der Oberfläche mehr Sauerstoff als Stickstoff auf. Im Wasser der Oberfläche finden wir 54 Prozent Stickstoff, 25 Sauerstoff und 21 Prozent Kohlensäure. Ja, man hat bis nahezu 37 Prozent Sauerstoff nachgewiesen. Die Gesamtmenge der Gase nimmt nach der Tiefe hin zu. Wir haben in der Tiefsee durchschnittlich das Prozentverhältnis: 53 Stickstoff, 19 Sauerstoff, 28 Kohlensäure. Der Gehalt an Kohlensäure ist in sehr erheblichem Maße von der Temperatur abhängig. Bei einer Erhöhung der Wassertemperatur um 10° sinkt der Kohlensäuregehalt um 3—6 Prozent, und es ist möglich, daß die Abnahme der Kohlensäure in der Luft nach höheren Breiten zu von der Aufnahme dieses Gases durch das sich abkühlende Oberflächenwasser abhängt. Der verhältnismäßig große Sauerstoffreichtum der Meeresoberfläche begünstigt das Leben.

Über die erste Entstehung des Meerwassers braucht man keine Betrachtungen anzustellen, denn unser Blick reicht nicht soweit zurück. Wir können es mit Pallas für wahrscheinlich halten, daß der Salzgehalt des Meeres in letzter Linie auf die Auslaugung der ältesten kristallinischen Gesteine zurückführe, wissen aber sicher nur das eine, daß die Reste der ältesten Seetiere und Seepflanzen und die bis in das Kambrium zurückreichenden Salzlager uns für die ältesten Zeiten, aus denen wir Lebensreste besitzen, ein ähnlich salzreiches Meer annehmen lassen, wie für heute.

Salzgehalt und Dichtigkeit des Meerwassers.

Die im Meerwasser gelösten Stoffe bestimmen in erster Linie seine Dichte; außerdem ist diese von der Temperatur abhängig, während von jenen gelösten Stoffen die Zusammensetzung

der Niederschläge abhängt, die sich auf dem Meeresboden ansammeln, wo sie entweder neue Gesteine bilden oder wieder aufgelöst werden. Sehen wir von den Küsten mit ihrem veränderlichen Wasser ab, so finden wir in allen Meeren eine Zunahme des Salzgehaltes von der Äquatorialzone polwärts bis zu 15—30° und dann ein Sinken bis in die Eismeere. Das salzreichste Wasser liegt in den trockenen und windreichen Passatzonen, das salzärmste in den niederschlagsreichen Gebieten nördlich und südlich davon und am Äquator. Trockenheit, Wind und Wärme befördern die Verdunstung, die übrigens beim Meerwasser langsamer als beim Süßwasser im Verhältnis von 100 zu 121 stattfindet; Feuchtigkeit, ruhige Luft und Kälte schwächen sie ab. Wie rasch die Verdunstung des Seewassers durch eine leichte, regelmäßige Brise den Salzgehalt erhöht, zeigt der Versuch Schotts, der im Wasser, das drei Tage hindurch der regelmäßigen Passatbrise des nordatlantischen Ozeans in 19° nördl. Breite ausgesetzt war, eine Zunahme des Salzgehaltes von 3,63 auf 4,21 beobachtet hat. Da nun mit der Sonne die Passatzonen und die Niederschlagszonen im Laufe des Jahres wandern, ist auch die Lage der Gebiete größten und geringsten Salzgehaltes veränderlich. Dazu kommt der Einfluß der Meeresströmungen. Es liegt in der Grundregel der Verteilung des Salzgehaltes, daß Meeresströmungen von den Polargebieten salzärmeres, Meeresströmungen von der Tropenzone her salzreicheres Wasser bringen; ohne Erhöhung der Temperatur wächst der Salzgehalt, wo die Verdunstung allein auf das Meerwasser wirkt, also besonders in den Passatgebieten.

Regen, der auf eine unbewegte Meeresoberfläche fällt, scheint eine Süßwasserschicht über das Salzwasser zu breiten, die allerdings nur von kurzer Dauer sein kann. Man kann sich nur so die Erzählungen der Seeleute erklären, die von der Meeresoberfläche Trinkwasser schöpfen. Auch Finschs Bericht, daß der Adolfhafen im Hüongolf (Neuguinea), als er ihn 1884 entdeckte, mit Süßwasser gefüllt war, obgleich er nur ein kleines Flüßchen aufnimmt, meint Kapitän Rüdiger nur mit einem schweren Nachtregenguß bei ganz stillem Wetter erklären zu können. Unzweifelhaft verdünnen dauernde Regengüsse das Oberflächenwasser. Schott hat zwar den Salzgehalt im Nordatlantischen Meer durch Regengüsse von 85 und 74 mm Höhe nur um 0,07 und 0,04 abnehmen sehen, aber es ist sicher, daß z. B. der Guineastrom durch die Regen des Südwestmonsuns leichteres Wasser erhält. Es bleibt weiteren Forschungen vorbehalten, den Anteil der geringeren Verdunstung in der feuchten Luft und unter dem bedeckten Himmel der Kalmen und der gemäßigten Zone gegen den des Niederschlags abzuwägen.

Unter den Gründen zahlreicher kleiner Einwirkungen auf den Salzgehalt des Meeres, die zu verwischen die großen durcheinandermischenden und ausgleichenden Bewegungen nicht rasch genug wirksam sind, steht in erster Linie die Zufuhr des süßen Wassers vom Lande her, der es zuzuschreiben ist, daß der Salzgehalt des Meerwassers veränderlicher an der Küste als auf offener See ist. Wenn auch eine große Ursache seiner Änderung, die Verdunstung, stärker auf der dem freien Spiel der Winde zugänglicheren offenen See wirkt, so breitet sich doch von jedem Bächlein, das ins Meer mündet, das an der Oberfläche schwimmende Süßwasser meerwärts aus und wird von Oberflächenströmungen weitergetragen. Die Aussüßung des Salzwassers des Atlantischen Ozeans durch den Kongo z. B. macht sich bis 140 Seemeilen von der Mündung geltend, wo in 4° 39′ südl. Breite und 10° 41′ östl. Länge ein Salzgehalt von 3 Prozent gemessen ist, der weiter außen rasch auf 3,25 Prozent steigt. In der Unterelbe wächst der Salzgehalt von Stade abwärts; bei Kuxhaven beträgt er 2 Prozent bei Flut, 1,7 Prozent bei Ebbe; erst bei Helgoland wird der Salzgehalt der Nordsee herrschend. Natürlich breitet sich das Wasser eines ausmündenden Stromes weiter an der Oberfläche als in der Tiefe aus; daher finden

KARTE

DES SALZGEHALTES AN DER OBERFLÄCHE DES

SÜDATLANTISCHEN OZEANS.

nach G. Schott.

unter 33
33-34
34-35
35-36
36-37
über 37
Promille Salzgehalt
Treibeisgrenze

Westl. L. 0 Östl. L. v. Greenwich

SÜD-AMERIKA
AFRIKA
Fernando Noronha
Pernambuco
Bahia
Rio Janeiro
Ascension
St. Helena
Trinidad
über 37,5
Wendekr. d. Steinbocks
Kapstadt
K. d. guten Hoffn.
K. Agulhas
Tristan d'Acunha
Gough I.
Falkland-I.
Süd-Georgien
K. Horn
unter 33
35,5
35
34,5
36
36,5
37
37,5
37
36,5
36
35,5
35
34,5
34
33,5
33

wir in der Tiefe einer Strommündung salzreiches Wasser, wo die Oberfläche noch brackig ist. Auch die Quellen sind nicht zu übersehen, die besonders an den Küsten von Karstländern an und unter dem Meeresspiegel reichlich hervorbrechen. In den steiluferigen, vielgegliederten Buchten und Straßen Dalmatiens spürt man den Einfluß der Quellen auf den Salzgehalt des Meeres, die bis zu 700 m unter der Meeresfläche liegen. Eine feste Grenze zwischen Meer und Süßwasser läßt sich in allen diesen Fällen nicht ziehen; doch ist der Salzgehalt von 2,7 Prozent insofern ein wichtiger Abschnitt, als bis zu diesem Punkt die Abscheidung feiner Schwemmstoffe aus Salzwasser (s. Bd. I, S. 397) gleich bleibt, aber mit jeder Verdünnung abnimmt.

Das Gebiet des größten Salzgehaltes im Atlantischen Ozean (3,75 Prozent) liegt auswärts von den Kanarien und Kapverden unweit von 25° nördl. Breite und 35° westl. Länge. Nördlich von 45° nördl. Breite kommt anscheinend ein Salzgehalt von mehr als 3,6 Prozent nicht mehr vor; er sinkt zwischen Grönland und Neufundland durch Zufuhr von Eis und Eismeerwasser auf 3,45 Prozent und an der Nordostküste Nordamerikas von der Küste von Florida nordwärts und um Grönland auf 3,3 Prozent. Dagegen läßt der aus den salzreichsten Gebieten des Nordatlantischen Ozeans kommende Golfstrom Wasser mit 3,5 Prozent noch den 70. Parallelkreis überschreiten. Ein solcher Salzgehalt kommt sonst nur im nördlichen Passatgebiet des Atlantischen Ozeans vor. Im Südatlantischen Ozean (s. die beigeheftete „Karte des Salzgehaltes an der Oberfläche des Südatlantischen Ozeans") führt der Brasilstrom Wasser dieses Salzgehaltes immerhin noch bis 43° südl. Breite. Bis in die Nordsee reicht dieser Einfluß des Golfstromes. Bei Nordwestwinden wird das Wasser der Nordsee salzreicher und wärmer, da dann von den Shetlandinseln her Zweige des Golfstromes hereingedrängt werden. Wo Amazonas, Orinoko und ihre Schwesterströme gewaltige Süßwassermassen in den Atlantischen Ozean schütten, wiegt der Golfstrom mit seinen dichteren Wassermassen die Erniedrigung des Salzgehaltes auf. Umgekehrt setzt im westlichen Mittelmeer das einströmende Ozeanwasser den Salzgehalt herab. — Im Stillen Ozean liegt das Maximum des Salzgehaltes von mehr als 3,55 Prozent zwischen 35 und 18° nördl. Breite; zwischen den Bonin- und Sandwichinseln in 24° nördl. Breite maß Makaroff 3,6 Prozent (der Nordatlantische Ozean zeigt in analogen Gebieten 3,7 bis 3,75 Prozent), von wo aus der Salzgehalt nach allen Richtungen abnimmt und in der Beringsee auf 3,3, im Ochotskischen Meer auf 3,2 fällt. Eine Wirkung, wie sie der zusammengefaßte und mächtige Golfstrom im Atlantischen Ozean übt, kommt im Stillen Ozean nördlich von 36° nicht mehr vor. Wahrscheinlich ist im südlichen Stillen Ozean das Wasser unter dem Einfluß der kräftigen Passatwinde an der Oberfläche im allgemeinen dichter als im nördlichen, und jedenfalls empfängt das Eismeer aus dem nördlichen Stillen Ozean keine Zufuhr, die entfernt vergleichbar wäre der aus dem nördlichen Atlantischen. Das Wasser, das bei Südwinden auf der Ostseite des Beringsmeeres in das Eismeer geht, ist durch die Flüsse salzarm und warm. — Im Indischen Ozean liegen die Bedingungen für großen Salzreichtum nur im Süden günstig, denn nur hier kommen die trockenen Passatwinde, welche die Verdunstung begünstigen, zur vollen Entwickelung. Daher hat der Indische Ozean ein Gebiet des größten Salzgehaltes nördlich von 30° südl. Breite, während seine von den Monsunen wechselnd bewegten und befeuchteten Teile salzärmer sind.

Sehr eigentümlich sind die Verhältnisse im Nördlichen Eismeer, wo mit leichterem Wasser, das durch schmelzendes Eis noch salzärmer gemacht wird, das schwere Wasser des Golfstroms sich mischt. In den Tiefen des Eismeeres liegt Wasser von demselben Salzgehalt wie an der Oberfläche des Atlantischen Ozeans, aber neben diesem liegt in den Eismeertiefen auch Eismeerwasser, und es kommt nicht selten vor, daß beide übereinandergeschichtet sind. Stickstoffgehalt und der letzte Rest von Wärme lassen das eine als Abkömmling des Golfstromes erkennen, während das andere die Merkmale des Eismeerwassers trägt. Die einmündenden Ströme und das schmelzende Eis bewirken schroffe Unterschiede des Salzgehaltes. Im sibirischen Eismeer liegt Ozeanwasser mit 3,4 Prozent Salz überall, wo die Tiefen 20—30 m überschreiten, und hart darüber fast salzloses Wasser aus den großen sibirischen Strömen und Eisschmelzwasser. Am 14. August 1878 maß die „Vega" im Karischen Meer bei 76° 18′ nördl. Breite und 95° 30′ östl. Länge 1,1 Prozent Salzgehalt an der Oberfläche, 1,4 Prozent in 5 m, 2,3 in 10, 3 in 15, 3,2 in 20 und 3,4 Prozent in 35 bis 60 m Tiefe. Der starken Süßwasserzufuhr durch schmelzendes Eis ist an der Küste von Ostgrönland das Sinken des Salzgehaltes vor dem Lande auf 1,7 Prozent zuzuschreiben. Ein starker Gegensatz zu den 3,5 Prozent auf der Bahn des Golfstroms zwischen Island und den Färöer!

Bei den Nebenmeeren kommt für den Salzgehalt alles darauf an, ob sie von den großen Meeresströmungen noch erreicht werden oder nicht. Wir haben gesehen, wie der Golfstrom bis in die Nordsee hineinwirkt. So zeigen die inselabgeschlossenen Meere Ostasiens stärkeren Salzgehalt, wenn warme, schwächeren, wenn kalte Meeresströmungen in sie eindringen. In der Lapérouse-Straße fand Makaroff im Sommer warmes und schweres Wasser im südlichen Teil an der Küste von Jesso, im nördlichen Teil warmes und leichtes Wasser und unter diesen Oberflächenwassern kaltes und schweres Wasser. Das erste stammt aus dem Japanischen Meere, das zweite ist vom Amur und dem Eis des Ochotskischen Meeres beeinflußt, das dritte muß aus höheren Breiten stammen. Wenn wir in dem australasiatischen Mittelmeer salzreicheres Wasser im Nordosten als im Westen finden, werden wir an eindringendes Wasser des Stillen Ozeans zu denken haben.

Das europäisch-afrikanische Mittelmeer ist der Typus eines Nebenmeeres, das den großen Strömungen verschlossen ist. Der Salzgehalt des Mittelmeeres ist durch Verdunstung größer als der des Atlantischen Ozeans. Die Größe der jährlichen Verdunstung beträgt bei Marseille 2,3 m, und da Niederschläge und einmündende Flüsse nicht vollen Ersatz bringen, so erklärt sich eine Steigerung des Salzgehaltes im Vergleich mit dem Atlantischen Ozean. Der durchschnittliche Salzgehalt des Mittelmeeres ist 3,7 Prozent und nimmt gegen Süden und Osten auf 3,93 Prozent zu. Im Ägäischen Meer haben wir 3,9 Prozent im Süden, 3 Prozent im Norden unter dem Einfluß des Schwarzen Meeres. Über die merkwürdigen Strömungsbewegungen in der Gibraltarstraße s. unten, Seite 245. Wenn im regenreichen und verdunstungsarmen Winter Südbrasiliens die Lagoa dos Patos nicht salzig ist, wohl aber im Sommer, wo ihr sinkendes Niveau Strömungen aus dem Ozean heranzieht, so haben wir im kleinsten Maße mittelmeerische Verhältnisse. In den weit zurückgelegenen Meeren von der Art der Ostsee und des Schwarzen Meeres begegnen wir den letzten Spuren des Einflusses der großen Meere. Während wir in der östlichen Nordsee wenig verdünntes atlantisches Wasser finden, sehen wir in der inneren Ostsee den Salzgehalt unter 1 Prozent sinken: westliche Ostsee 2,15 Prozent, Neustädter Bucht 1 Prozent, bei Kap Hela 0,7 Prozent, weshalb unter gewöhnlichen Umständen Ostseewasser an der Oberfläche in die Nordsee hinausfließen müßte. Aber bei nördlichen Winden wird nicht bloß der aus der Ostsee herausgehende Strom im Großen Belt zum Stillstand gebracht, sondern es strömt dann salzreiches Wasser sowohl an der Oberfläche, als in der Tiefe ein. Im Übergangsgebiet der beiden Nebenmeere finden wir im Kattegat und Skagerrak nicht weniger als viererlei verschiedene Wasser: weniger als 3 Prozent enthaltendes Ostseewasser, das aus dem Sund kommt, ca. 3,4 Prozent Salz führendes Nordseewasser, das normal in den südlichen zwei Dritteln des Skagerrak und um Skagen herum ins Kattegat strebt, sonst in mittlerer Tiefe herrscht, und endlich Ozeanwasser mit 3,5 bis 3,54 Prozent Salz in größeren Tiefen; an der Oberfläche kommt dann noch das sogenannte Bankwasser hinzu mit 3,2 bis 3,3 Prozent Salz an der norwegischen Küste des Skagerrak. Der an der Oberfläche des Schwarzen Meeres 1,7 bis 1,8 Prozent betragende Salzgehalt sinkt im Asowschen Meer unter dem Einfluß der starken Süßwasserzufuhr unter 1 Prozent; nur die häufigen Südwestwinde können durch einen starken Zustrom pontischen Wassers den Salzgehalt zeitweilig über 1 Prozent steigern. In den Nebenmeeren kommen natürlich auch jahreszeitliche Dichteunterschiede deutlicher zum Vorschein. Im Golf von Fiume z. B. zeigt der Salzgehalt einer ganzen Wassersäule von der Oberfläche bis zum Grund folgende Schwankungen: 3,82 Prozent im August, 3,78 Prozent von Oktober bis Januar, 3,79 im Februar, 3,74 im Mai; die sommerliche Verdunstung und der Einfluß der Herbst- und Frühlingsregen zeigen sich klar.

Über das Verhältnis zwischen dem Salzgehalt an der Oberfläche und in der Tiefe des Meeres können wir einstweilen nur Angaben von beschränkter Geltung machen, da der

Beobachtungen noch nicht sehr viele sind. Abkühlung und Verdunstung führen Wasser von der Oberfläche in die Tiefe, wobei das Streben herrscht, Schichten gleichen Gewichtes zu bilden, die in der Regel Schichten gleichen Salzgehaltes (homohaline) sein werden. In den verhältnismäßig ruhigen Nebenmeeren, wo meist starke Unterschiede zusammentreffen, kommt diese Schichtung zu einer gewissen Vollendung. Da die Wärme in der Regel an der Oberfläche am größten ist, sind die Meere mit großem Salzgehalt der Oberfläche meist auch tief hinab warm, weil das hinabsinkende Wasser Wärme mit sich in die Tiefe trägt. In der westlichen Ostsee liegt salzreicheres Wasser in der Tiefe, das von der Nordsee her eindringt. Noch in der Neustädter Bucht kommt 1 Proz. Salzgehalt an der Oberfläche, 2,2 Proz. am Boden vor. Weiter im Osten verwischt sich der Unterschied mit abnehmendem Salzgehalt. In den Fjorden von Schottland und Norwegen sinkt nach innen zu der Salzgehalt der Oberfläche auf 2 Proz., während das Wasser in der Tiefe bis 3,3 Proz. bewahrt. Im Mittelmeer scheint überall in der Tiefe ein etwas schwereres und dichteres Wasser zu liegen als an der Oberfläche. In der Straße von Gibraltar geht es in der Tiefe in den Ozean hinaus, in den Dardanellen dem Pontus zu. Der Salzgehalt des Schwarzen Meeres wächst von der Oberfläche nach der Tiefe; er beträgt im nördlichen Teil im flachen Wasser 1,73, in der Mitte fast 1,8, steigt von 75—750 m Tiefe erst langsam, dann rascher auf 2,2, dann bis zum Boden langsam auf 2,6 Proz. und mehr. Offenbar ist in der Tiefe mediterranes, durch die Bosporus-Unterströmung hereinkommendes Wasser. In den Weltmeeren finden wir analoge, aber im großen Rahmen abgeschwächte Vorkommnisse; im allgemeinen ist das südatlantische Wasser höherer Breiten weniger dicht als das nordatlantische, und ebenso ist auch das südatlantische Bodenwasser leichter als das nordatlantische.

Die Unterschiede des Salzgehaltes sind bei gleichen Temperaturen immer auch Unterschiede des Gewichtes. Wenn man also einfach von dem spezifischen Gewicht oder der Dichte des Meerwassers spricht, so versteht man darunter ebensowohl den Salzgehalt, als die Temperatur; gewöhnlich spricht man aber das spezifische Gewicht so aus, wie es bei 4° Wärme gemessen wird. Bei gleicher Temperatur geht das salzreichere Wasser in die Tiefe, und das salzärmere steigt an die Oberfläche; ist aber die Wärme ungleich verteilt, dann kann salzreiches Wasser von höherer Temperatur salzärmerem von niedrigerer Temperatur, neben dem es liegt, das Gleichgewicht halten, solange das salzreiche durch seine Wärme um soviel leichter ist, als das salzärmere durch seine Kälte schwerer. Aber die Wärme des salzreicheren teilt sich dem kälteren mit, und jenes sinkt, kälter und schwerer geworden, während dieses steigt. Natürlich werden solche Vertikalbewegungen nur in beschränktem Maße rein zur Ausbildung kommen; aber eine wichtige Folge des Salzgehaltes des Meeres ist immer die Übertragung von Wärme in die Tiefe durch das hinabsinkende Wasser, das durch Verdunstung an der Oberfläche sich verdichtet hat. Schon in Küstengewässern, die durch einmündende Flüsse salzarm geworden sind, reicht die sommerliche Erwärmung viel weniger tief hinab, als wo ein größerer Salzreichtum den Austausch zwischen oben und unten begünstigt.

Die Schichtung nach der Dichte grenzt Massen von verschiedenem Salzgehalt voneinander ab, deren Grenzflächen man den Namen „Isohalinen" gegeben hat. Von der Stelle an, wo salzreicheres mit salzärmerem Wasser sich mischt, fallen diese Schichten gleichen Salzgehaltes nach dem salzarmen Becken „hinein". So liegt die Isohaline von 3,5 Proz. in der nördlichen Nordsee an der Oberfläche, im Skagerrak in 60 m und östlich von Skagen in 150 m Tiefe, und so findet man 0,8 Proz. östlich von Möen an der Oberfläche, aber am Eingang des Finnischen Meerbusens schon in 70—80 m Tiefe.

Die Farben des Meeres.

(Vgl. die beigeheftete Karte „Farbe des Atlantischen Ozeans".)

Das Meerwasser ist in dünnen Schichten und kleinen Mengen farblos, in größeren Massen, wenn es rein ist, tief kobaltblau. Das Meer als Ganzes aber hat grüne oder blaue Farbe und alle Töne zwischen beiden. Wenn man eine weiße Scheibe ins Meer versenkt, fängt sie in geringer Tiefe an, grün zu leuchten, und in größerer geht das Grün in Blau über. Seichte Buchten sind grün und werden weiter hinaus, wo ihre Tiefe zunimmt, blau. Über Bänken ist das Meer grün. Je durchsichtiger das Meerwasser ist, desto mehr Licht wirft es zurück. Daher die allgemeine Regel: „Je durchsichtiger, desto blauer; je undurchsichtiger, desto wahrscheinlicher neigt die Farbe des Meeres zum Grünen" (Krümmel). Das alles deutet darauf hin, daß das Meer um so mehr Blau reflektiert, je tiefer es ist, während die gelben und roten Strahlen des Spektrums von ihm verschluckt werden. Die unmittelbaren Spiegelungen des Himmels und der Wolken vergrößern die Farbenskala des Meeres bis zu dem düsteren Tintenschwarz unter wolkenverhängtem Himmel und über großen Tiefen.

Es besteht offenbar auch ein Zusammenhang zwischen der Temperatur und der Farbe des Meerwassers. Diesem Zusammenhang ist untergeordnet die Abhängigkeit der Meeresfarbe von der Verteilung feiner Sedimente, welche an den Ufern und in seichten Meeren, wie Ost- und Nordsee, das Wasser hellgrün erscheinen lassen. Auch das Polarwasser ist im allgemeinen grün, und das kalte peruanische Küstenwasser nennt Mensing ostseegrün; vom Azurblau seiner wärmeren Umgebung hebt es sich scharf ab, ebenso wie das wärmere Golfstromwasser sich tiefblau von dem es umgebenden grünen Polarwasser scheidet. Kapitän Mensing glaubt, die Temperaturgrenze zwischen blauem und grünem Wasser bei 18—21° ziehen zu können. Dabei darf auch daran erinnert werden, daß, während das wärmere Seewasser lösbare Stoffe in größerer Menge aufnimmt, die feinen Schwemmstoffe sich in wärmerem Wasser rascher niederschlagen als in kälterem, so daß im allgemeinen in den wärmeren Erdgürteln immer blaueres Wasser zu erwarten sein wird als in den kälteren. Daß zur hellgrünen Färbung massenhaft vorkommende Organismen beitragen, scheint besonders für die polaren Meere als nachgewiesen gelten zu können. Aber gerade darin mag es liegen, daß gelegentlich das warme Wasser grün und das kalte blau auftritt, wie Chun vom Übergang aus dem Agulhasstrom in das antarktische Wasser jenseits 40° südl. Breite berichtet.

Das Meerwasser wird durch einmündende Flüsse und durch Abschlämmung erdiger Ufer getrübt. Seichte Meere, wie Nord- und Ostsee, werden durch Sturm trüb und grau. Die Brandung an Korallenriffen färbt das Wasser ihrer Umgebung weißlich. Darunter leidet natürlich die Durchsichtigkeit, die wiederum in tiefen und warmen Meeren am größten ist. Licht in solcher Menge, daß es im stande ist, empfindliche Bromgelatine zu schwärzen, ist auf hoher See bis 550, in der Nähe der Küste bis 400 m nachgewiesen. Hellfarbige Körper sind in der Ost- und Nordsee bis 16 m, im Mittelmeer 2—3mal tiefer sichtbar; im Mittelmeer wieder ist in den seichten Lagunen von Venedig die Durchsichtigkeit 5mal geringer als in der Bucht von Gaeta. In tropischen Meeren sieht man helle Gegenstände oft mehr als 60 m tief.

Wenn auch Namen wie Rotes, Purpur-, Schwarzes, Gelbes, Weißes Meer nicht wissenschaftlich zu begründen sind, so werden doch durch Radiolarien rote und braune Färbungen hervorgerufen. Diatomeen sind in grünem Wasser zahlreicher als in blauem, und damit sind im grünen Wasser auch Medusen und Walfische häufiger. Bräunliche Färbungen kommen im Nördlichen Eismeer häufig vor. Schon Scoresby hat die olivgrüne Farbe einzelner Striche des Nördlichen Eismeeres, die auch Drygalski in der Davisstraße beobachtet hat, kleinen Organismen zugeschrieben. Milchähnlich gefärbtes Wasser kommt in niederen Breiten des Indischen Ozeans vor, wo es auch nachts mit leuchtendem Scheine beobachtet worden ist.

FARBE DES ATLANTISCHEN OZEANS

nach Krümmels Karte zur Plankton-Expedition

Herrschende Wasserfarbe,

in Prozenten Gelb nach Forels Skala.

Skala	Bedeutung
0	Tiefes Kobaltblau von größter Transparenz
0-2	Kobaltblau
2-5	Grünlich Blau
5-12	Ausgeprägt Grünblau
12-21	Dunkel-od. Ostseegrün, meist stark getrübt.

„Verfärbt" bezeichnet graue oder braune Trübungen des Wassers.

Die außerhalb der Fahrtlinie der Expedition verzeichneten Farbenzahlen sind von Dr. Gerhard Schott 1891 und 92 beobachtet worden.

Maßstab 1 : 48 000 000 — 0 200 400 600 800 1000 Kilometer. 0 100 200 300 400 500 Seemeilen. ....> Fahrtlinie d. Expedition.

Bibliographisches Institut in Leipzig.

Bestimmte Färbungen sind öfter in einzelnen Meeresteilen zu beobachten. Man findet in den Schiffstagebüchern die Angaben über rote und gelbe Stellen der Meeresoberfläche am häufigsten im südlichen Atlantischen Ozean und zwar auf der Westseite in tropischen und subtropischen Breiten. Offenbar sind ähnlich wie bei den „Tangwiesen" hier einzelne Meeresteile reicher an derartigen Stellen; Meeresströmungen mögen zu solcher Verteilung beitragen. Die gelben Färbungen der Meeresoberfläche gehen nicht so tief wie die roten und treiben streifenweise vor dem Wind, wie das Sargassum. Die Schiffer glauben, daß es, wie auf unseren Seen, Blütenstaub sei und verzeichnen „Wasserblüte des Meeres". Die Prüfung der Körperchen, welche die gelbe Färbung verursachen, zeigte aber, daß es sich um Algen, Trichodesmium, handelt.

Die Niederschläge auf dem Meeresboden.

In der nur von Erdbeben oder Vulkanausbrüchen manchmal und in beschränkten Gebieten gestörten Ruhe der Meerestiefe wird alles niedergelegt, was im Meerwasser nicht gelöst bleiben kann. Kleinste Stäubchen liegen hier ruhig nebeneinander und häufen sich aufeinander. Kein Wind, kein Wasserstrom rückt sie von der Stelle. Das Meerwasser kann Stoffe an sie heranbringen, durch die sie wieder aufgelöst werden, der Druck überlagernder Niederschläge kann die tieferliegenden verändern; aber im allgemeinen steht ihr stetiges, stilles Wachsen in schroffem Gegensatze zu der Unruhe, der alles ausgesetzt ist, was an der Erdoberfläche über das Wasser hinausragt. Diese Niederschläge können infolgedessen von einer Feinheit des Kornes, einer Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung über weite Strecken hin und einer Regelmäßigkeit der Schichtung sein, wie nichts anderes auf der Erde.

Die Quellen dieser Absätze auf dem Meeresboden liegen teils im Tier- und Pflanzenleben des Meeres selbst, teils in den durch Flüsse und Brandung dem Lande entrissenen Stoffen, teils in den durch Vulkanausbrüche in das Meer geschleuderten Stoffen. Endlich kommen dazu kleine Stückchen von Eisen und anderen Metallen, die als Meteore aus dem Weltraume der Erde zuflogen und in der Schlammumhüllung am Meeresboden unzersetzt geblieben sind (vgl. Bd. I, S. 73, und Abbildung, S. 75). Fassen wir zuerst die durch Flüsse und Meereswellen dem Lande entrissenen, also terrigenen Stoffe ins Auge, so müssen wir uns an die Eigenschaft des Salzwassers erinnern, schwebende feste Stoffe rasch niederzuschlagen. Man vergleiche das Bd. I, S. 397 hierüber Gesagte. Es werden also feste Stoffe in die vom Lande entfernteren Meeresgebiete nur in geringerer Menge gelangen können. Früher glaubte man, den Meeresboden bedeckten Schlamm und Sand überall — Yates hat sich allerdings schon 1831 gegen diese Annahme ausgesprochen —, jetzt wissen wir, daß solche Niederschläge nur einen Saum von nicht sehr großer Breite um die Länder herum bilden und infolgedessen auch nicht sehr tief gehen. Die Breite dieses Saumes kann man daraus ermessen, daß vor der Mündung des größten Stromes der Erde, des Amazonas, der Schlamm Südamerikas schon in 300 km Entfernung unmerklich wird. Wenn nun Gümbel feine Thonflöckchen und thonig-erdige, schüppchenförmige Abschlämmteilchen auch in den landfernsten Tiefseethonen von der Gazelle-Expedition fand, weshalb er die von Murray ausgesprochene Annahme einer Entstehung dieser Thone durch Zersetzung vulkanischer Gesteine ablehnt und terrigenen Ursprung in Anspruch nimmt, so muß man dabei an den Staub, den Winde vom Lande hertragen, und an den Transport großer und kleinster Erd- und Steinmassen durch Eisberge denken. Wenn in den Südmeeren die terrigenen Absätze von den antarktischen Gebieten an bis etwa 40° südl. Breite äquatorwärts unbedingt vorherrschen, ist nur Eisfracht anzunehmen. Brachte doch die deutsche Tiefsee-Expedition

von 1899 unter 63° 17′ südl. Breite Grundmoränenschutt aus Gneis, Granit, Schiefern und einen geschrammten Sandsteinblock zu Tage; übrigens hatte schon der „Challenger" vor der antarktischen Eisschranke den blauen und grünen Thon nachgewiesen, der auch sonst die Länder als Ergebnis der Zerreibung ihrer Gesteine umsäumt.

Die vom Lande stammenden Ablagerungen liegen ihrer Natur nach meist weniger tief als die im Meere selbst gebildeten; daher können wir auch die Ablagerungen auf dem Meeresboden nach ihrer Tiefenlage unterscheiden in Tiefsee-Ablagerungen unter 200 m, Flachsee-Ablagerungen zwischen Niederwassermarke und 200 m und Strandablagerungen. Die beiden letzteren stimmen im allgemeinen überein in ihrer festländischen Herkunft und bestehen daher beide wesentlich aus Sand, Grand und Schlick. Sie nehmen etwa den vierten Teil alles Meeresbodens ein. Ihnen stehen gegenüber die pelagischen Ablagerungen, die ihrem Wesen nach den größten Teil des Tiefseebodens, etwa drei Vierteile, bedecken. Ein enges und seichtes Meer wie die Nordsee ist wesentlich von terrigenen Absätzen bedeckt. Feiner Kies, Lehm, blauer Schlamm, Sand, Schlick, Steine kehren hier auf den Karten überall wieder. Bei den zahlreichen Übergängen von einer Bodengattung in die andere empfiehlt es sich (nach Thoulet), den Sandboden, der bis zu 10 Prozent Thon hat, einfach Sandboden, solchen mit 30 Prozent schlickigen Sand, solchen mit bis zu 60 Prozent sandigen Schlick und mit mehr als 60 Prozent Thon Thonboden zu nennen. In der südlichen Ostsee scheinen ganze Moränen auf dem Meeresgrunde zu liegen. Ortskundige Schiffer brauchen nur zu loten und die Grundprobe zu untersuchen, um genau zu wissen, wo in der Nord- oder Ostsee sie sich befinden, denn die Fischereikarten geben die Bodenbeschaffenheit so genau an wie eine agronomische Karte.

Natürlich muß dieser Schlamm Veränderungen erfahren, die das Meerwasser selbst und das organische Leben im Meere ihm zufügen. Der Schlick der feinen Absätze an unseren Küsten und besonders an den Mündungen unserer Ströme setzt sich allerdings zum größten Teile aus dem Schlamm zusammen, den das fließende Wasser aus dem Binnenlande bringt; in geringerem Maße nehmen aber auch der feine, von der Brandung aufgewühlte Meeressand, von anderen Küsten hergeschwemmte Schlammteilchen und organische Reste, besonders Diatomeen, teil, deren Volumen Ehrenberg in manchem Schlick von der Nordseeküste auf 1/20 schätzte. Dazu kommen die Humussäuren der von allen Seiten hereinmündenden Moorgewässer, die sich mit gelösten Salzen verbinden und zum Teil Niederschläge bilden. Diese Massen werden von Brandung, Gezeiten und Strömungen ergriffen und lange umhergetrieben, ehe sie zum Absatz gelangen, wo sie dann den blauen Thon bilden, der überall erscheint, wo man den Einflüssen von Festländern oder Inseln näherkommt. Von dem roten Thone der entfernteren und tieferen Regionen des Meeresbodens sondert ihn der Gehalt an Schuttmaterial, besonders an Quarz, und der größere Reichtum an organischen Stoffen. An der Oberfläche ist er unter dem Einflusse des Seewassers rötlich, in tieferen Schichten zähe und grau. Auch vulkanische Länder liefern einen ähnlichen Thon; so sind die hawaïschen Inseln von einem mehr als 300 km breiten Saume blauen Thones umgeben. Wo die Flüsse ockerartigen Schlamm führen, wie im östlichen Südamerika, in Afrika, in Vorderindien, da nimmt auch der terrigene Tiefseeschlamm eine rötliche Farbe an.

Organische Meeresniederschläge.

Daß die geringe Menge von Kalksalzen im Meerwasser die Niederschläge liefert, die einen so großen Teil des Meeresbodens bedecken, ist in der Fähigkeit zahlloser Organismen, besonders

der Tiere, begründet, Kalk als kohlensaures und phosphorsaures Salz in fester Form auszuscheiden. Es wird ja auch kohlensaurer Kalk fertig durch die Flüsse ins Meer geführt (s. Bd. I, S. 534 u. 561); aber gerade für die Niederschlagsbildung ist ein großer Unterschied zwischen dem Verhalten des von den Flüssen ins Meer geführten gelösten, kohlensauren Kalkes und den organischen Schalen und Skeletten aus kohlensaurem Kalk. Jener fällt gelöst der Zersetzung ohne weiteres anheim, während dieser von unlöslichem Chitingewebe eingehüllt oder durchsetzt oder mit anderen Kalksalzen verbunden ist, die ihn widerstandsfähiger machen. Viel wichtiger für den Kalkbedarf des ozeanischen Tierlebens als der zugeführte kohlensaure Kalk ist der Gips, der 3 bis 4 Prozent der festen Bestandteile des Meerwassers ausmacht, denn einen großen Teil des kohlensauren Kalkes, den das organische Leben im Meere verbraucht und ausscheidet, erzeugt erst die organische Zersetzung, die durch ammoniakalische Ausscheidungen den Gips in Schwefelkalk verwandelt und daraus kohlensauren oder doppeltkohlensauren Kalk bildet; aus Schwefelwasserstoff entsteht schweflige Säure, und diese bildet wieder Gips, wodurch Kohlensäure frei und Kalk ausgefällt wird. Daß Kalkabsätze im Meere auch ohne die unmittelbare Wirkung des organischen Lebens entstehen, geht aus der Natur mancher Ablagerungen hervor. Auf dem Boden des Mittelmeeres bilden sich Steinkrusten aus ausgefälltem kohlensauren Kalk, kieselsaurer Thonerde und freier Kieselsäure; sie haben eine glatte, graue Oberfläche, Anneliden begünstigen die Abscheidung von Eisenoxyd darauf, und außerdem lagert sich auch Braunstein auf ihnen ab. Auch in den Aufbau der Korallenriffe geht kohlensaurer Kalk ein, der amorph aus dem Meerwasser ausfällt.

Ganz eigentümlich sind die chemischen und biologischen Verhältnisse am Boden des Schwarzen Meeres. Im Mittelmeer haben wir überall, wie in anderen Meeren, Sauerstoff und Lebensthätigkeit. Im Marmarameer sind Zeugnisse des Lebens reichlich in 1400 m, im Schwarzen Meer dagegen ist von 350 m an statt des Sauerstoffs Schwefelwasserstoff und infolgedessen vollständiger Mangel des Lebens. Die untersinkenden Leichen vermodern langsam, ohne einer Tiefenfauna zur Nahrung zu dienen. Das Lot hat vom Boden Reste von Tieren heraufgebracht, die heute im Pontus ausgestorben sind, während sie im Kaspischen See weiterleben. Die Zersetzung, d. h. Oxydation der zu Boden sinkenden Lebensreste kann in der Tiefe nicht anders als mit Hilfe des Sauerstoffs der Meeressalze stattfinden, wobei sich Schwefelmetalle bilden müssen; diese aber werden durch die aus der Oxydation des Kohlenstoffs hervorgehende Kohlensäure zu kohlensauren Salzen oxydiert, wobei Schwefelwasserstoff frei wird. Starke Vertikalzirkulation würde diesen Prozeß hemmen, da sie Sauerstoff zuführen würde. Es ist aber fraglich, ob sie im Schwarzen Meer etwa durch die tiefen Süßwasserschichten gehemmt wird, welche die zahlreichen einmündenden Flüsse auf seiner Oberfläche ausbreiten.

Es gibt keine Tierklasse, die nicht Beiträge lieferte zu den Kalk- und Kieselniederschlägen des Meeresbodens, doch überwiegen niedere Organismen, wie Rhizopoden, Radiolarien, Schwämme, einige Gruppen der Korallentiere und Weichtiere, alle anderen. Die Zusammensetzung des Tiefseebodens hängt von der Verbreitung dieser Tiere ab. Da nun deren Zahl mit der Temperatur der Meeresoberfläche schwankt, hat diese letztere einen unmittelbaren Einfluß auf die Zusammensetzung jener Absätze. Die kalten Oberflächenwasser der antarktischen und südlichen Ozeane sind reich an Diatomeen, deswegen sind deren Kieselschalen dort auch am Meeresgrund besonders häufig, während umgekehrt in den Tropen die Rhizopoden an der Oberfläche und am Boden überwiegen. Neben der kalkaussondernden Thätigkeit vieler Tiere kommt im seichten Meer die der Kalkalgen stark in Betracht. Kalkalgen überziehen felsige Ufer mit dicken Krusten, und große Lager von kohlensaurem Kalk in feiner Zerteilung, die sie gebildet haben, findet man in 10—70 m Tiefe. Besonders wirksam sind die Lithotamnien. Im Tiefseeboden sind Kalkalgen dagegen nicht stark vertreten.

Indem die nach der Tiefe zunehmende Kohlensäure die Wiederauflösung der kohlensauren Salze begünstigt, nehmen diese von einer bestimmten Tiefe an ab. Nach einem Experiment von Thoulet sanken feine Globigerinenschalen von 0,012 mm Korngröße 7 mm in der Sekunde, das sind 1850 m in 73 Stunden; sie brauchen also mehrere Tage, um eine mäßige Tiefe zu erreichen. In einem Meeresabschnitt von 3 qkm und 200 m Tiefe sind unter den Tropen über 15,000 kg kohlensaurer Kalk in Form von Schalen und Skeletten von Meereslebewesen suspendiert, die langsam zu Boden fallen und bis zu 4800 m Tiefe 75 bis 90 Prozent des Tiefseeschlammes zusammensetzen. In 6000 m Tiefe kommen sie nur noch spurenweise in den Tiefseesedimenten vor. Schon an den Hängen eines isoliert liegenden Hochseevulkans fehlen zartere Foraminiferenschalen von 2000 m an, und von 6000 m an abwärts herrscht auch hier unbedingt der rötliche Tiefseethon, wobei das Wasser reich an gelöstem Kalk und, durch Verwesung der Organismen, auch an Sulfiten und Sulfaten ist, welche die Auflösung noch weiter begünstigen.

Verschiedene Foraminiferen, stark vergrößert: 1) Orbulina, 2) Globigerina, 3) Rotalia, 4) Polystomella, 5) Calcarina. Nach Neumayr, „Erdgeschichte".

Nach den Schalen der Tiere oder Pflanzen, die überwiegenden Anteil an der Zusammensetzung des Schlammes nehmen, unterscheidet man Schlammarten von verschiedener Zusammensetzung und Verbreitung. Globigerinenschlamm besteht hauptsächlich aus Globigerinen (s. die nebenstehende Abbildung), so daß der schon seit der Challenger-Expedition eingebürgerte Name beibehalten werden kann. Die verschiedenen Arten der Rhizopodengattung Globigerina finden sich an und unter der Meeresoberfläche aller Zonen, sind aber in Arten und Individuen zahlreicher und zugleich größer in den wärmeren und salzreicheren Gewässern der Tropen, während in den Polarmeeren nur noch zwei verzwergte Arten vorkommen. John Murray glaubt, daß die Gattung Globigerina mit ihren 8—9 pelagischen Arten überhaupt das verbreitetste Geschlecht lebender Wesen darstelle, und daß ihre Reste den größeren Teil der marinen Niederschläge bilden, die gegenwärtig entstehen. Globigerinenschlamm enthält von 30 bis über 80 Prozent kohlensauren Kalk. — Der Pteropodenschlamm umschließt hauptsächlich die Gehäuse und Schalen pelagischer Mollusken, vor allem Pteropoden, dann Heteropoden und Gastropoden und enthält 70—90 Prozent kohlensauren Kalk. In großen Tiefen findet sich dieser Schlamm nicht, in 1000—2000 m ist er dagegen in der tropischen Zone und weit vom Lande entfernt oft ungemein reich vertreten. Von größeren Tiefen hält ihn wohl die zersetzende Wirkung des Meerwassers auf die ungemein dünnen, zarten Schalen fern. Dagegen tritt dieser Schlamm auf, wo man sich von den tieferen Stellen des Ozeans den Abhängen des Landes oder der Inseln nähert (s. die Karte, S. 221). Der Pteropodenschlamm ist nur spärlich verbreitet und bis jetzt nur im Atlantischen Ozean nachgewiesen. — Der aus Kieselsäure bestehende Radiolarienschlamm geht aus dem Globigerinenschlamm mit zunehmender Tiefe an manchen Stellen hervor, wo sonst der „rote Schlamm" sich aus jenem herausbildet, und ist am häufigsten in 4000—8000 m. Ebendeswegen ist manchmal die Entscheidung schwer, ob eine Ablagerung mehr als Radiolarien- oder als roter Schlamm zu gelten habe. Man hat sich indessen geeinigt, einen Absatz mit 25 und mehr Prozent dieser Kieselpanzer als Radiolarienschlamm zu bezeichnen. Es ist möglich, daß die größere oder geringere Menge der Radiolarien mit dem Salzgehalt zusammenhängt, daß geringerer Salzgehalt sie begünstigt, aber ebenso sicher ist es, daß das Meerwasser auch auf diese Kieselgerüste und -panzer auflösend wirkt. Radiolarienschlamm kann nur Spuren von Kalk, bei Anwesenheit von zahlreichen Foraminiferen aber auch 15—20 Prozent desselben enthalten. Man kennt

Radiolarienschlamm im Stillen und Indischen, nicht aber im Atlantischen Ozean. Indem man von den Tropen polwärts geht, vermindern sich Pteropoden und Verwandte. Die größeren Globigerinen und die tropischen Radiolarien verschwinden, während Diatomeen so zahlreich werden, daß sich die Netze oft mit einem schleimigen Inhalte füllen, der fast ganz aus ihnen besteht. Damit ist auch am Meeresboden ein allmählicher Übergang vom Globigerinen- zum Diatomeenschlamm gegeben. Letzterer, getrocknet, weiß und fein wie Mehl, enthält 10—30 Prozent kohlensauren Kalk. Es scheint, daß er ein breites Band um die Antarktis bildet, welches allmählich in den blauen Thon der landnäheren Teile übergeht. Die „Tuscarora" hat ihn auch in den großen Tiefen bei den Kurilen nachgewiesen.

Roter Thon nimmt einen großen Teil des Meeresbodens in größeren Tiefen ein; nach Murrays Schätzungen 1/3 des Meeresbodens, 1/4 der Erdoberfläche. Ebenso wie mit abnehmender Tiefe der Kalkgehalt des Globigerinenschlammes zunimmt, geht bei zunehmender Tiefe derselbe durch Abnahme des Kalkes in „roten Thon" oder Radiolarienschlamm über. Es ist wichtig, zu betonen, daß jener rote Thon fast von derselben Zusammensetzung ist wie ein Globigerinenschlamm derselben Region, aus dem man die kalkigen Bestandteile entfernt hat. Dieser rote Thon ist um so kalkärmer, je tiefer er liegt; er enthält oft nur Spuren von Kalk. Seine Mineralteilchen, höhere Oxydationsstufen des Eisens und Mangans, sind selten über 0,05 mm groß. Wohl aber gibt es an manchen Stellen im Stillen Ozean Braunsteinkonkretionen, die sich um Haifischzähne oder Walfischgehörknochen gebildet haben oder in Körnchen durch den Thon zerstreut sind, und Reste von vulkanischen Aschen. Spuren von Kalkschalen sind in Tiefen unter 3000 m selbst mit dem Mikroskop oft nicht nachzuweisen, von Kieselsäuregehäusen findet man nur noch Trümmer.

Pteropoden-Schlamm Ablagerungen kommen vor innerhalb der punktierten Fläche von weniger als 1829 m (1000 Faden) Tiefe. Globigerina-Schlamm Ablagerungen finden sich innerhalb der schraffierten Flächen von mehr als 1829 m Tiefe. Tiefen in Metern.

Das Balfour Shoal im südwestlichen Stillen Ozean. Nach dem Scottish Geographical Magazine, 1897. Vgl. Text, S. 220.

Die Verbreitung der verschiedenen Ablagerungen ist sehr verschieden. Die größten Gebiete nehmen (nach Murrays Schätzungen) der rote Thon mit 133 Mill. qkm und der Globigerinenschlamm mit 128 Mill. qkm ein, denen sich erst mit 38 Mill. qkm der blaue Schlick, mit 28 Mill. qkm die Gebiete der Diatomeen und mit 26 Mill. qkm die der Flachseeablagerungen anschließen. Der rote Thon ist am weitesten verbreitet im Stillen Ozean, mit ihm zusammen tritt der Radiolarienschlamm auf, der nur eine Abart des roten Thones ist und im Atlantischen Ozean zu fehlen scheint. In diesem herrscht dagegen der Globigerinenschlamm unbedingt vor.

Vergleicht man die Ablagerungen heutiger Meere mit den Gesteinen, die auf alten Meeresböden entstanden sind und nun an der Zusammensetzung der Festländer und Inseln teilnehmen, so findet man in den älteren paläolithischen Gesteinen vorwiegend Ablagerungen, die in seichten Meeren oder in der Nähe der Ufer sich gebildet haben, also Ablagerungen terrigener

Natur. Besonders sind die weitverbreiteten alten Thone und Thonschiefer solchen Ursprungs. Dagegen sind rote Thone, die heute in so ungeheurer Ausdehnung niedergeschlagen werden, in den alten Gesteinen selten. Wohl aber finden wir bereits Kalksteine, die aus Rhizopoden vorwiegend bestehen; es sind größere Formen als die Globigerinen von heute, die den Fusulinenkalk in der Steinkohlenformation bilden, und noch größer sind die Rhizopoden des Nummulitenkalkes der Kreide. Dagegen ist die weiße Kreide derselben Formation dem Globigerinenschlamm der heutigen Tiefsee gleichzusetzen.

A. Die Erwärmung des Meeres und die Meeresströmungen.

Inhalt: Die Erwärmung des Meeres. — Die Wärme in den Meerestiefen. — Die Bewegungen im Meere. — Die großen ozeanischen Strömungen. — Übersicht der Meeresströmungen. — Die Entstehung der Meeresströmungen. — Die Meeresströmungen als Ausgleichsmechanismus. — Transport der Meeresströmungen.

Die Erwärmung des Meeres.

Die Wärme des Meeres hängt zunächst von der unmittelbaren Bestrahlung durch die Sonne ab. Deren Wärmestrahlen dringen 100 m unter die Oberfläche, soweit sie nicht zurückgeworfen werden. Da die Luft außerdem unmittelbar über dem Meere stärker mit Feuchtigkeit gesättigt ist, absorbiert dort ihr Wasserdampf stark die dunkeln Wärmestrahlen. Die Wärmeleitung des Wassers ist unbedeutend; die innere Fortleitung der Wärme von einem Wasserteilchen zum anderen erreicht nur den Betrag 9, wenn sie beim Quecksilber 106 beträgt. Kochsalzlösungen leiten unmerklich besser als reines Wasser. Durch diese Fortleitung eingestrahlter Wärme, die in Seen höchstens einige Meter in einem ganzen Sommer erreicht, pflanzt sich im Meere die Sonnenwärme bis 200 m Tiefe fort. Da die Temperatur der Luft im allgemeinen wenig verschieden von der des Wassers ist, über dem sie lagert, so trägt sie wenig zur Erwärmung des Meeres bei. Indessen gibt es immer Zeiten, in denen die Lufttemperatur hoch über der Temperatur der Meeresfläche steht.

Als größte Wirkung der Bestrahlung und dieser Wärmeabgabe finden wir an der Meeresoberfläche Temperaturen von 32° im Golf von Mexiko, von 33—35° im Roten Meer, im Persischen und im Kalifornischen Meerbusen. Das ist wenig im Vergleich mit der Erwärmung trockenen Wüstenbodens bis über das Doppelte. Temperaturen von 25° im südöstlichen Mittelmeer, von 22,5° in der Kieler Bucht, von 18° in der Nordsee zeigen die Abstufung mit der Zunahme der geographischen Breite. Die niederste Temperatur geht bis —2,5°, entsprechend der tiefen Lage des Gefrierpunktes des Meerwassers, herab. Murray verzeichnet als tiefste Meerestemperatur aus englischen Schiffstagebüchern —3,3° im Nordatlantischen Ozean östlich von Neuschottland, die höchste im offenen Ozean in mehreren tropischen Teilen des Stillen Ozeans mit 32,2°, die höchste im Ende des pacifischen Golfes mit 35° 6′, das wäre also eine größte Schwankung von 38,9°; aber die niedrigste Temperatur von — 3,3° muß, wenn sie überhaupt richtig beobachtet ist, als eine seltene, durch Überkühlung des Wassers hervorgerufene Ausnahme betrachtet werden. Die mittlere Wärme der ganzen Meeresoberfläche ist von Murray auf 17 bis 18° geschätzt worden.

Es besteht Unklarheit über die Anwendung der Ausdrücke warm und kalt für die Temperatur der Meeresoberfläche und der Meeresströmungen. Wenn man von einer warmen Meeresströmung bei Spitzbergen und von einer kalten an der Küste von Peru spricht, versteht man offenbar „warm" und „kalt" im Verhältnis zum Klima und Meer der Umgebung. Es ist aber ohne Zweifel wünschenswert,

sich eine genauere Vorstellung bilden zu können, und dazu gibt es kein besseres und einfacheres Mittel, als die wirkliche Temperatar einer Meeresstelle mit der zu vergleichen, die ihr nach den Gesetzen der Wärmeverbreitung zukommt; daraus muß sich das ergeben, was Dove die „thermische Isanomalie" genannt hat, nämlich die Gebiete, die abnorm warm oder kalt sind. Es stellt sich dabei heraus, daß die Gebiete des Golfstromes, des Kuroschiwo, des Brasilstromes, des Mosambik- und Agulhasstromes und der ostaustralischen Strömung große Regionen von abnormer Wärme sind, ebenso die beiden Atlantischen Mittelmeere, die Nordbuchten des Indischen Ozeans und der Südwesten des Australasiatischen Mittelmeeres. Ihnen stehen kleinere, abnorm kalte Gebiete an der Westküste Südamerikas und Südafrikas und an den Ostküsten Nordasiens und Nordamerikas gegenüber, die dort vorwiegend südpolaren Strömungen, hier mehr dem Auftriebswasser zu danken sind.

Die Verteilung der Wärme an der Meeresoberfläche darzustellen, wird Aufgabe des klimatologischen Abschnittes sein; ist sie doch, bei der Ausdehnung des Meeres, der wichtigste Teil der Verbreitung der Wärme über die Erdoberfläche überhaupt. Doch nehmen wir die zum Verständnis der Zustände und Bewegungen des Meeres notwendigen Thatsachen schon hier in Anspruch und heben als die wichtigste die Geringfügigkeit des Unterschiedes zwischen Luft- und Wasserwärme zunächst hervor. Die innige Berührung zwischen der Luft und der Meeresoberfläche, noch gesteigert durch die Bewegungen beider, und die überragende Wärmekapazität des Wassers machen es begreiflich, daß im allgemeinen die Luft nur wenig oder gar nicht wärmer ist als das darunter lagernde Wasser. Der mittlere Wärmeunterschied zwischen Luft und Meeresoberfläche steigt vom Äquator polwärts von 0,2° unter dem Äquator bis 0,9° in 60°, wobei der Wärmeüberschuß immer auf der Seite des Wassers bleibt. Köppen hat nachgewiesen, daß über warmen Strömungen die Lufttemperatur im Winter 2—3° unter die des Meeres sinkt und im Sommer ihr sehr nahe kommt, und daß über kalten Strömungen die Lufttemperatur einen größeren Teil des Jahres über der des Wassers steht. Indem Köppen vier warme und vier kalte Strömungen verglich, fand er bei jenen einen durchschnittlichen Temperaturüberschuß für das Wasser von 1,3°, bei diesen für die Luft von 0,1°.

In der südlichen Ostsee ist das Wasser an der Oberfläche in den 7 Monaten August bis Februar wärmer als die Luft, in der südlichen Nordsee dauert dieses Verhältnis 8 Monate, da noch der März dazukommt. Der Unterschied ist dort im August am größten, er erreicht 3,7° bei Warnemünde (in demselben Monat 3,8° bei Helgoland), nach Norden zu rückt er in den Winter und Frühling vor; er beträgt in Kopenhagen 1,7° im Januar, in Reval 6,1° in demselben Monat. Die starke Zunahme des kontinentalen Klimacharakters nach Osten und Norden zu läßt eine noch beträchtlichere Differenz in den nördlichen Teilen der Ostsee erwarten.

Die Wärmeschwankungen sind im Meere geringer als in der Luft. Je größer sie werden, desto größer wird daher in allen Zonen auch der Unterschied zwischen der Erwärmung des Meeres und des Landes, und ebenso wachsen auch die Unterschiede der Jahreszeiten auf dem Lande rascher als auf dem Meer. Auf hoher See ist die Wärmeverteilung an der Oberfläche innerhalb eines Tages sehr gleichmäßig. Bei Tag bindet die Verdunstung Wärme, und bei Nacht sinkt abgekühltes schweres Wasser in die Tiefe, während leichteres wärmeres aufsteigt. Buchanan hat im nordatlantischen Passatgebiet 0,7° als mittleren Unterschied der höchsten und niedersten Temperaturen bei Tag und Nacht gefunden, während der Unterschied in den tropischen Gebieten 0,9°, in der gemäßigten Zone 0,3—0,4° erreicht. Die niedrigsten Temperaturen treten um Sonnenaufgang, die höchsten in den ersten Nachmittagsstunden auf. Sobald das Wasser seicht wird, ändern sich auch diese Verhältnisse, denn dann erwärmt die Sonne die dünne Wasserschicht bis zum Boden und die nächtliche Ausstrahlung wirkt stark abkühlend. Der sonnenbestrahlte Boden ist daher in seichten Meeren viel wärmer als das darüber stehende Wasser. In der Ostsee kann in 1 m Tiefe der Schlamm 7°, das Wasser darüber 0 bis 4°

messen. Im allgemeinen ist die Temperatur der Meeresoberfläche im Sommer geringer und im Winter höher als über dem Lande. Auch bewirkt die sommerliche Erwärmung, daß der Temperaturunterschied zwischen Oberfläche und Tiefe des Meeres im Sommer wächst. Das seichte Asowsche Meer ist im Juli mit 26° an der Oberfläche und 23,5° am Boden einer der wärmsten Meeresteile der Erde.

Dall hat auf abnorm hohe Temperaturen des Ochotskischen und des Beringsmeeres bis zu 15 m Tiefe hingewiesen, die unter dem Einfluß der langen Tage und des heißen Polarsommers durch unmittelbare Erwärmung der Oberfläche und des Bodens des Meeres entstehen. Aus Buchten, Sunden und anderen flachen Stellen in kältere Meeresteile versetzt, übt solches Wasser dort denselben Einfluß wie das Wasser warmer Strömungen, und wenn auch seine Masse gering, ist doch seine Wirkung darum nicht zu unterschätzen, weil sie in der Regel in die Zeit der größten allgemeinen Erwärmung dieser Regionen fällt. — Die Nähe größerer Eismassen kündigt sich immer durch niedriger werdende Wassertemperaturen an, und zwar, da das kalte Wasser durch Wind als Oberflächendrift weggeführt wird, besonders auf der Leeseite des Eises. Nicht selten bewirken Treibeismassen eine kühlere Wassertemperatur in niedrigeren Breiten, während polwärts von ihnen wärmeres liegt: also eine Umkehr der normalen Verteilung. Innerhalb einer Stunde kann das Thermometer in der Luft von 3—4° auf 0° und im Wasser auf 1° sinken und schwankt vielleicht bald darauf um den Gefrierpunkt in dem an Eisblöcken reichen Wasser am Rand größerer Eisfelder. John Roß beobachtete auf seiner Ausfahrt zur zweiten Entdeckungsreise 1829 am 11. Juli mittags 6° in Luft und Wasser, und als abends um 10 Uhr das Thermometer auf 3,3° gefallen war, schloß er, daß Eis nahe sei. Am 13. Juli sah man den ersten Eisberg vor sich. Bei sehr warmer Luft und in Gebieten mit warmen Strömungen, z. B. an der Westseite von Spitzbergen, kann es vorkommen, daß das Thermometer 12° in der Luft zeigt und man im Wasser von mehreren Graden über dem Nullpunkte bis an das Eis herankommt. In solchen Fällen verliert das Thermometer seine Bedeutung als Warner vor Eisgefahren; aber das sind Ausnahmen.

Die Temperatur des Regens ist in den Tropen nur 3—4° geringer als die des Oberflächenwassers des Meeres, die deshalb auch durchschnittlich durch Niederschlag nur um 0,7° sinkt.

Die jährlichen Temperaturschwankungen an der Meeresoberfläche sind im allgemeinen gering in den Äqutorialgebieten, nehmen polwärts auf beiden Halbkugeln zu bis 35 oder 40° und gehen von da an langsam zurück, wobei die Unterschiede im allgemeinen stärker auf der nördlichen als auf der südlichen Halbkugel, und besonders wieder stärker im nördlichen Stillen als im nördlichen Atlantischen Ozean hervortreten. Klarheit der Luft und geringe Windstärke begünstigen sie, wogegen Wolkenreichtum, starke Winde, ausgiebige Niederschläge ausgleichend wirken. So kommt es, daß wir in den Meeren der Kalmenregionen überall Gebiete finden, wo die Temperatur der Wasseroberfläche noch nicht um 1° schwankt. Aber auch in den gemäßigten Zonen finden wir in stürmischen, niederschlagsreichen Gebieten Schwankungen um 2° am Kap Hoorn, um 4—5° im Nordatlantischen Meer, um 8° in demselben zwischen 35 und 40° nördl. Breite. Nebenmeere und Randmeere zeigen Schwankungen von mehr als 10° durch den Einfluß der umgebenden Festländer. Die größte Wärme des Indischen Ozeans liegt im Roten Meere bei Massaua, während auf dem offenen Indischen Ozean Winde und Strömungen abkühlend wirken. Die größten Abstände treten aber an den Grenzen warmer und kalter Strömungen auf, die jahreszeitliche Verschiebungen erfahren, und dort, wo dem Einfluß eines kalten Festlandes ein mächtiger Strom warmen Wassers gegenüberliegt, wie im Gelben Meer und südlich von Neufundland. Unter solchen Umständen kommen im nordwestlichen Atlantischen und Stillen Ozean in Nachbarräumen Temperaturen vor, die um 29° auseinanderliegen.

Von den Strömungen wird warmes und kaltes Wasser an der Meeresoberfläche transportiert, und durch Auftrieb kühlt sich die Meeresoberfläche in den warmen Zonen ab, während

sie sich in den kalten dadurch erwärmt. Dies bewirkt eine wohlthätige Ausgleichung der Wärmeverteilung im großen, aber im einzelnen werden gerade dadurch beträchtliche Unterschiede geschaffen. Die warmen Strömungen umschließen Inseln kalten Wassers und umgekehrt. So kommt warmes Golfstromwasser inselförmig nördlich vom geschlossenen Gebiete des Golfstromes vor, ebenso gibt es kalte „Wasserinseln“ in den Äquatorialströmen des Atlantischen und Stillen Ozeans. Sie mögen mit Ergänzungsströmungen zusammenhängen, die Tiefenwasser zum Ersatz des an der Oberfläche abströmenden heraufsteigen lassen. Küstenwasser kühlt sich auch durch die oft heftigen Gezeitenströme ab, die, an einer Küste hinfließend, in Wirbeln das kalte Wasser emporsteigen machen. Daß die Strömungen in der Nähe des Landes sich zusammendrängen, wo oft mehrere nebeneinander in verschiedenen Richtungen fließen, trägt dazu bei, daß die Temperatur der Meeresoberfläche auf der hohen See im allgemeinen gleichmäßiger ist als in der Nähe des Landes. Rückstrahlung vom Lande und warme Zuflüsse geben landnahen Meeresteilen eine Neigung zu höheren Temperaturen im Gegensatze zur Hochsee. Da aber die großen Strömungen ganze Meeresbreiten queren, tragen sie warmes Wasser auf die eine Seite und lassen kaltes auf der anderen aufsteigen. Daher der Unterschied zwischen warmen Ost- und kalten Westhälften im nördlichen Atlantischen und Stillen Ozean und zwischen kalten Ost- und warmen Westhälften in den Südteilen dieser Meere. Auch im südlichen Indischen Ozean ist der Osten beträchtlich wärmer als der Westen.

Es ist eine der wichtigsten Thatsachen in der Wärmeverteilung auf der Erde, daß wir in den großen Wassermassen des Meeres eine andere Wärmequelle als die Sonne nicht nachweisen können. Nur am Boden von Binnenseen ist man Spuren von jener geheimnisvollen Wärmequelle begegnet, die alle bekannten Tiefen des festen Landes durchdringt (vgl. Bd. I, S. 111). Vereinzelte Vulkanausbrüche werden vom Meeresboden aus kleine Teile des Meeres erwärmen; daß man aber gerade in der Nähe der Kurilen eine große Kälte in geringer Tiefe antrifft, 1,8° bei 18 m, was man sonst nur bei 1800 m findet, spricht gegen andauernde Wärmeabgabe vulkanischer Herde. So ist also derzeit die einzige greifbare Wärmequelle des Meeres die Sonne, die durch ihre Strahlen, durch Leitung und außerdem durch das Hinabsinken warmer und schwerer Wasserteilchen von der Oberfläche in die Tiefe wirkt.

Auch Organismen und Staubkörnchen sinken, mit dem Wasser der Oberfläche getränkt, in die Tiefe und nehmen die Temperatur der Oberfläche mit sich. Die einzelnen sind mikroskopisch klein, aber ihre Zahl beträgt Millionen, und so ist die Wirkung nicht zu unterschätzen, die sie besonders dort üben, wo die Gewichtsunterschiede des Oberflächen- und Tiefenwassers an sich keine starken vertikalen Bewegungen bedingen würden.

Die Wärme in den Meerestiefen.

Die Verteilung der Wärme in der Tiefe der Meere zeigt als allgemeine Regel Abnahme von der Oberfläche bis zu niedrigen Temperaturen, die um geringe Beträge schwanken. Gehen wir von der Lufttemperatur aus, so schwankt diese am meisten; auf der Meeresoberfläche werden die Schwankungen geringer und nehmen von da nach der Tiefe bis zu einer konstanten Temperatur ab. In den Tiefen des Atlantischen Ozeans finden wir an den Grenzen des Nördlichen Eismeeres am Boden Temperaturen von 2,5—3°, weiter südlich im Nordatlantischen Ozean 2—2,5°; im Südatlantischen Ozean teilen sich dann die Temperaturgebiete so, daß wir auf der Ostseite Tiefentemperaturen von 2—2,4° bis über den südlichen Wendekreis hinaus finden, während auf der Westseite schon unter dem Äquator die Tiefentemperaturen auf 0,9—0,5 sinken und zwischen den Falklandsinseln und Südamerika 0° erreichen. Die sehr niedrigen

Temperaturen von —0,3 bis —0,6° in rund 5000 m Tiefe sind vom „Challenger" im Osten der La Plata-Mündung gemessen worden. Im Indischen Ozean zeigt sich eine ähnliche Verteilung: Tiefentemperaturen von 1,5° und darüber im nördlichsten Teil, von 1° in dem großen Tiefbecken zwischen Indien und Australien, 0,7° südlich davon. Auch im Stillen Ozean ist der nördliche Teil in den Tiefen etwas wärmer als der südliche; wir treffen Temperaturen von 0,8 bis gegen 1° nördlich vom Äquator an, von 1,1—1,5° in den vereinzelten Tiefen zwischen Australien und Asien, das Tongaplateau hemmt das Vordringen des kalten Tiefenwassers gegen Fidschi zu, 2° sind in der Gegend des südlichen Wendekreises im insellosen östlichen Stillen Ozean nachgewiesen, dagegen 0,6° vor Südostaustralien und 0,7 vor der Südwestküste von Südamerika. Krümmel hat die mittlere Bodenwärme des ganzen Ozeans auf 2,6° geschätzt.

Die Bestimmung der Tiefseetemperaturen ist ihrer Natur nach eine verwickeltere Aufgabe als die der Wärme der Erdoberfläche; es ist keine meteorologische, sondern eine geophysikalische Aufgabe, die genaue Tiefseemessungen und die Kenntnis des Verhaltens des Meerwassers bei verschiedenen Temperaturen voraussetzt. Den früheren Tiefseetemperaturmessungen wurde schon der elementare Fehler verhängnisvoll, daß die Thermometer in der Regel nicht gegen Zunahme des Druckes geschützt waren und darum zu hohe Temperaturen ergaben. Auf derartige Ergebnisse, besonders auf die von James Roß in der antarktischen Kampagne von 1840—43 gewonnenen, stützte sich dann die Theorie, daß die Temperatur in den Meeren vom Äquator an bis zum 55. oder 57. Parallel mit der Tiefe bis zu +4° abnehme, daß bei jener Grenze des 55. oder 57. Parallels die ganze Wasserschicht gleichmäßig +4° warm sei, daß aber jenseits, d. h. polwärts, die Temperatur sogar mit der Tiefe zunehme. Man nahm, mit anderen Worten, eine Grundschicht von +4° an, die vom Äquator und vom Pol langsam ansteige und bei jener kritischen Linie des 55. und 57. Parallels ihre obere Grenze, d. h. die Meeresoberfläche, erreiche. Und doch lagen damals schon die erstaunlich treuen Beobachtungen von Lenz vor, der nicht nur die Wärmeabnahme bis zu 2,2° in 1050 m Tiefe unter 7° nördl. Breite festgestellt, sondern auch schon bemerkt hatte, daß die Wärme in äquatorialen Breiten rascher abnimmt als in gemäßigten. Ein merkwürdiges Beispiel von tot liegenden Wahrheiten! Aber freilich stützte sich jene Annahme auch auf die allverbreitete irrtümliche Meinung, daß das Dichtigkeitsmaximum des Seewassers gleich dem des Süßwassers bei +4° liege. Man weiß aber nun längst, daß der Gefrierpunkt des Meerwassers bei —3,17° im ruhigen und —2,55° im bewegten Zustande liegt. Und vor allem ist eine Temperaturverteilung in den südhemisphärischen und äquatorialen Meeren nachgewiesen, welche jene anscheinend so einfache Theorie vollständig über den Haufen wirft.

Für die Wärmeabnahme mit der Tiefe gilt in den Meeren der warmen und gemäßigten Zonen die Regel, daß die Wärme von der Meeresoberfläche nach der Tiefe zu beständig abnimmt, anfangs schnell, später langsam. Dabei zeigt sich ein großer Unterschied zwischen den oberen und unteren Schichten. In den äquatorialen Teilen des Atlantischen und Stillen Ozeans nimmt von der Oberfläche bis 200 m Tiefe die Wärme um 6—8° ab, in den nächsten 300 m um etwa 10°, so daß wir in 500 m bereits einer Temperatur begegnen, die 18° niedriger ist als an der Oberfläche. In 40° nördl. Breite ist die Abnahme in den ersten 500 m nur halb so groß und wird weiter polwärts noch langsamer. Dabei ist aber die Abnahme immer ziemlich regelmäßig bis zu etwa 1000 m Tiefe. Aber wenn wir in dieser Tiefe die Temperatur von 5—3° überschritten haben, wird die Abnahme unmerklich bis zum Boden, wo wir die vorhin angegebenen niederen Temperaturen finden. Es herrscht also im größten Teil der tiefen offenen Meere eine geringe Wärme, und die Schätzung, welche die Wärme des gesamten Meeres nicht über 4° annimmt, dürfte kaum zu niedrig sein.

In manchen Meeresteilen ist die Abnahme der Wärme nicht ganz so regelmäßig. Besonders in halb geschlossenen Meeresteilen und in den Eismeeren gibt es Abweichungen. In ihnen zeigt die Temperaturverteilung nach der Tiefe drei Typen: regelmäßige Abnahme bis zum Boden in halb abgeschlossenen Becken von geringer Tiefe; regelmäßige Abnahme bis zu einer

gewissen Tiefe, dann Stehenbleiben der Temperatur bei einem bestimmten Grad in halb abgeschlossenen Becken von beträchtlicher Tiefe; unregelmäßige Abnahme mit Zunahme in zwischenliegenden Schichten in offenen Meeren, die dem Einfluß starker Strömungen ausgesetzt sind, und besonders in den Eismeeren. In *seichten Meeren*, wie in der Nordsee und westlichen Ostsee, kann es vorkommen, daß das Wasser in seiner ganzen Tiefe gleich warm ist. Die seichtere westliche Ostsee kann im Winter bis auf den Grund bis zum Dichtigkeitsmaximum ihres Wassers abgekühlt sein, die östliche bleibt immer wärmer. In der Karischen See kühlt das von Osten hereingetriebene Eismeerwasser, dem das Packeis den Ausgang durch die Karische Pforte erschwert, die ganze Wassermasse bis zum Boden auf −2,4° ab. Wohl zeigen auch die Becken der Ostsee eine beständigere Wärmeverteilung als die offeneren Strecken, aber sie sind nicht tief genug, um Wasserteile so abzuschließen, wie die Becken der Mittelmeere.

In *halb abgeschlossenen Meeresbecken*, deren Erwärmung nicht durch Strömungen gestört wird, schichtet sich das Wasser nach seinem Anteil an der Sonnenwärme und seiner Dichtigkeit, und es bilden sich ähnliche Verhältnisse wie in den Binnenseen: schweres Wasser sinkt in die Tiefe, leichtes Wasser steigt dafür an die Oberfläche. Dabei waltet aber zwischen den Süßwasserseen und dem Meer der sehr große Unterschied, daß in jenen das Wasser nur durch Abkühlung schwerer wird und sinkt, hier aber auch durch Erwärmung und Verdunstung. Deswegen finden wir in den Seen regelmäßig bis zu 4° kaltes Wasser in den Tiefen, im Meere sehr oft warmes. Aber wo der Salzgehalt an der Oberfläche geringen Schwankungen unterliegt, sinkt das Wasser infolge der Abkühlung in die Tiefe, und man findet dort in den tiefen, wohlumrandeten Becken (s. die Karte, S. 228) die Wintertemperatur des Wassers an der Oberfläche. So mißt man im südlichen Ägäischen Meer 14°, im nördlichen 13°. Indem das salzreichere Wasser in die Tiefe sinkt, finden wir schon in der salzarmen Ostsee die niedrigsten Temperaturen von 0,5—2,7° bei durchschnittlich 55 m und von da abwärts 3,5—4° bis zum Boden. Oft ist der Unterschied noch größer, und wir sehen ausgesprochene „Sprungschichten", wie in den Landseen, die mit Unterschieden von mehreren Graden hart übereinander liegen; so zeigte die Ostsee nordöstlich von Bornholm 14° bei 18 m, und gleich darauf 8° bei 20 m Tiefe.

Ganz eigentümlich sind die Verhältnisse in Meeresteilen, die tief, aber so abgeschlossen sind, daß sie nur an der Oberfläche mit anderen Meeresteilen zusammenhängen. Im eurasischen Mittelmeer nimmt die Temperatur nur bis zu etwa 100 m merklich ab; da erreicht sie 13°, und bei dieser Wärme bleibt nun das Mittelmeer in allen seinen Tiefen. Die niedrigsten Temperaturen sind 12,7 und 12,8°, die man zwischen 900 und 1260 m im Ägäischen Meer gemessen hat. Da haben wir also die große Erscheinung einer gewaltigen Wassermasse, die bis über 4000 m hinab bei einer verhältnismäßig hohen Temperatur verharrt. Das ist nur möglich, weil wegen der geringen Tiefe der Straße von Gibraltar nur Atlantisches Wasser von den oberen 400 m ins Mittelmeer gelangt. Das kalte Tiefenwasser ist ausgeschlossen. Ähnlich verhält sich die Sulusee, die ebenfalls bis 400 m unter dem Meeresspiegel von hohen Wällen umrandet ist; sie hat eine echt *mittelmeerische Wärmeverteilung*: die Wärme sinkt von der Oberfläche bis 730 m Tiefe und bleibt von hier bis 4600 m auf 10,5° stehen. So bleibt sie im Becken von Mentawei von 900 m an bei 5,9° stehen, die man noch bei 1670 m gemessen hat, während außerhalb bei 1700 m Tiefe die Wärme schon auf 3° gesunken ist. Die tiefste Temperatur im Schwarzen Meer wird in 55 m Tiefe gefunden, von da an Zunahme bis zum Grund. Die jährliche Schwankung dürfte sich hier bis 90 m erstrecken, im westlichen Mittelmeer aber bis 350 m. Der Unterschied liegt in der Zunahme der Dichte des Wassers im Schwarzen Meere mit der Tiefe.

Die *Fjordbuchten* verhalten sich gerade wie andere halb abgeschlossene Meeresteile; sie zeigen eine andere Temperatur und eine andere Progression der Temperaturabnahme als das

Das Ägäische Meer. Nach Alfred Philippson. Vgl. Text, S. 227.

offene Meer. Mohn findet, daß in den Fjorden des nördlichen Norwegen die Bodentemperaturen stets höher sind als die Mitteltemperatur der Luft, und daß in allen Fjorden Norwegens, die er gemessen, die Bodentemperaturen weit höher sind als die mittlere Lufttemperatur des Januar. Die gut untersuchten norwegischen Fjorde haben selbst jenseit des Polarkreises

Bodentemperaturen von 3—4°. Auch im Südlichen Eismeer haben die allerdings wenig ausgedehnten Forschungen des Challenger eine Schicht kalten Wassers zwischen zwei warmen ergeben.

Buchanan zog zur Erklärung die schmelzenden Eisberge heran, die einige hundert Meter in die Tiefe reichen, wo sie kaltes Wasser abgeben. Einfacher erklärt Mohn das Auftreten einer kalten Schicht zwischen zwei warmen damit, daß die warme Oberflächenschicht die Sommerwärme, die kalte Zwischenschicht die Winterkälte, das warme Tiefenwasser endlich die Wärme des vorigen Sommers zeigt, die mit dem durch Verdunstung dichter gewordenen Oberflächenwasser in die Tiefe gesunken ist. Aber in vielen Fällen hat man es mit untergesunkenem Wasser zu thun, das von der warmen und salzreichen Oberfläche des Nordatlantischen Ozeans nach den Küsten Norwegens getrieben wird und in den Fjorden durch die Küstenbänke vor dem Einfluß des kalten Eismeerwassers geschützt wird. Das Untertauchen salzreicheren Wassers kommt in den verschiedensten Meeren vor, und damit ist auch überall die Möglichkeit des Hinabgetragenwerdens höherer Wassertemperaturen von der Oberfläche in die Tiefe gegeben. Noch ein Beispiel: Wir haben im westlichen Golf von Mexiko bei 27—32° Wärme an der Oberfläche 7° in nur 460 m Tiefe; im östlichen Golf von Mexiko, wo die Verdunstung dichtes untersinkendes Wasser erzeugt, finden wir dagegen 15° in derselben Tiefe.

Solche untergetauchte warme Wassermassen sind häufig in dem Gebiete der Gabelung und Zerfaserung der Golfstromarme im Grenzgebiet zwischen dem Atlantischen Ozean und dem Nördlichen Eismeer. „Vöringen" maß zwischen Spitzbergen und Norwegen in 76° 23′ nördl. Breite 3,2° an der Oberfläche, — 1,3° in 40 Faden Tiefe, — 0,3° in 70 Faden und dann wieder — 1,3° bis zum Grunde.

In den Eismeeren wirken die kalte Luft und die Abschmelzung zusammen, um das Oberflächenwasser abzukühlen, das außerdem durch Schmelzwasser verdünnt wird, so daß es nicht untersinkt. Daher findet hier auch ohne Dazwischenkunft der Meeresströmungen eine Umkehr der Temperaturschichtung statt, so daß in den oberen 100—150 m Temperaturen unter Null herrschen, die einige hundert Meter tiefer bis auf 1—2° über Null steigen, worauf das langsame Sinken bis auf — 0,5 beginnt. Die großen warmen Wassermassen äquatorialer Strömungen steigern die Unterschiede noch um ein Beträchtliches, wenn z. B. unter die oberflächlichen 200 m sich eine 600 m mächtige Wassermasse einschiebt, die aus dem Golfstrom stammt.

Einmündende Flüsse, die den Salzgehalt des Meeres stark erniedrigen, erhöhen zugleich in vielen Fällen seine Temperatur. Das offene Wasser an der sibirischen Küste, das der „Vega" den Weg um Asien fast in einem Sommer zurückzulegen erlaubte, ist großenteils dem warmen Flußwasser zu danken, das aus Süden stammt. Reicht doch das Quellgebiet des Jenissei bis gegen den 50. Grad nördl. Breite. Dieses Wasser wurde schon früher als Unterstrom von solcher Stärke beobachtet, daß das Steuern z. B. vor der Petschoramündung erschwert war. Die „Luise" trieb 1882 vor der Petschora bei 2,5 Faden Tiefgang gegen das Eis in einem Wasser, das — 0,3° an der Oberfläche und 2,2° in 3 Faden Tiefe maß. Dabei muß man auch an die Schwere schlammbeladenen Flußwassers denken. Die Messungen der „Vega" ergaben, daß die Beringstraße bei 65 m Tiefe auf der amerikanischen Seite bis zum Boden wärmer ist als auf der asiatischen. Man nahm früher einfach an, daß hier ein Arm des nordpacifischen Stromes neben einer Eismeerströmung liege, aber Dalls Beobachtungen lassen auch für diesen Fall einen wärmenden Miteinfluß der auf der amerikanischen Seite ausmündenden Flüsse annehmen.

Die Bewegungen im Meere.

In jedem Meere gehen Bewegungen vor sich, auch wenn seine Oberfläche glatt ist. Man kann das am Fließen von Strömungen erkennen, die sich wie „Ströme zwischen Ufern von Wasser"

bewegen; wenn aber auch dieses Fließen unmerklich geworden ist, erkennt man sie immer noch an den Sondereigenschaften, die ihnen die Wärme, die Farbe und die chemische Zusammensetzung ihres Wassers verleihen. Niemand hat Eismeerwasser aus der Beringstraße heraus und pacifisches Wasser hineinfließen sehen, aber seitdem Nordenskiöld auf der Westseite dieser Straße 5° und 0° an der Oberfläche und am Boden maß und auf der Ostseite 12° und 9°, steht es fest, daß zusammen mit Süßwasser pacifisches Wasser hier auf der amerikanischen Seite in das Eismeer geht und Eismeerwasser auf der asiatischen Seite in den Stillen Ozean. Es ist die Wiederholung der Teilung der Dänemarkstraße zwischen Grönland und Island durch den Golfstrom, der die Osthälfte, und den Polarstrom, der die Westhälfte einnimmt. In der östlichen Dänemarkstraße mißt man 0° erst bei 500 Faden Tiefe, in der westlichen oft schon an der Oberfläche; dort geht also eine tiefe warme Masse hinein. Das Wasser warmer Strömungen ist blau und bleibt blau neben dem Grün eines kälteren Meeres, in das es sich ergießt. Besonders aber ist der Salzgehalt ein wichtiges Merkmal, aus dem die Herkunft eines Wasserteilchens noch bestimmter erschlossen werden kann als aus dem Wärmegrad. Endlich läßt uns selbst das Mikroskop in einem Tropfen Eismeerwassers mehr Diatomeen erkennen als in einem Tropfen Golfstromwassers, der neben jenem geschöpft sein kann, und auch aus diesen Lebewesen lassen sich Strömungsbewegungen erschließen.

Vielfach sind die Strömungen an ihren Werken zu erkennen, die wir genauer weiter unten (vgl. S. 250) betrachten werden. Die westindische Bohne, Frucht der Entada gigalobium, an Eismeerufern Norwegens und Spitzbergens gefunden, gehört zu den frühesten Zeugen des Golfstromes in Gebieten, wo man ihn niemals hat fließen sehen. Nansen hat auf seiner Nordfahrt sibirische Baumstämme in 85½° nördl. Breite im Meridian der Jenisseimündung und noch unter 86° nördl. Breite schlammiges Süßwassereis sibirischer Provenienz gefunden. Schiffstrümmer sind aus der Gegend der Südspitze von Südamerika in östlicher Richtung durch den Atlantischen und Indischen Ozean bis Australien getrieben worden. Man hat Tausende von Flaschen dem Meere übergeben, die Ort und Zeit des Abganges enthalten, und findet einen kleinen Rest an entfernten Küsten oft nach langen Jahren wieder. Solche „Flaschenposten" haben so manche schwache Strömung erst kennen gelehrt; auf diesem Weg ist z. B. die westliche Strömung nördlich und nordwestlich von Island erkannt worden. Zu den praktisch wichtigsten Anzeichen der Strömungen gehört aber die „Stromversetzung", die ein Schiff erfährt, das aus seinem gewollten Kurs unmerklich durch die Eigenbewegung des Meeres abgetrieben wird. Die Geschichte der Entdeckungen erzählt uns von merkwürdigen Irrfahrten der von Strömungen getriebenen Schiffe. Was aber die Tiefen des Meeres anbetrifft — und die tiefsten Meeresteile sind als Schauplätze großer Wasserbewegungen besonders wichtig — so hat nur die vergleichende Wärme- und Schweremessung und die chemische Analyse die langsamen, mächtigen Bewegungen zu bestimmen vermocht, die in ihnen vorgehen. Wohl gibt es Fälle, wo diese Bewegungen in der Tiefe deutlich mit den eigentlichen Strömungen an der Oberfläche zusammenhängen. So werden starke Unterströme überall dort entstehen, wo das Wasser von der Oberfläche durch Winde in eine Bucht getrieben wird, die es aufstaut; es findet dann keinen Ausweg als am Boden, an dem es zurückfließt. In solchen Buchten kann ein ziemlich starker Wind landwärts wehen, während ein Schiff gegen den Wind hinaustreibt. Das sind die Strömungen, denen die tiefen Kanäle in den Korallenriffen zu verdanken sind, die man als ihre Spuren, ja als ihre selbstgebahnten Straßen bezeichnen kann (s. Bd. I, S. 338, und Abbildung, S. 334). Winde treiben Ostseewasser in die Buchten an der schwedischen Küste, aber es geht

auch ein Unterstrom salzigen Wassers aus der Ostsee in den Mälar, Uppsiö genannt; er tritt am stärksten auf, wenn die Niveaudifferenz zwischen See und Meer am geringsten ist. Das sind indessen verschwindend kleine Erscheinungen, verglichen mit den großen Bewegungen in den Meerestiefen, von denen man an der Oberfläche nicht das Geringste wahrnimmt. Wenn man erwägt, daß gerade diese stillen Massenbewegungen einen Wasser- und Wärmetausch von tellurischer Größe und Bedeutung zwischen den beiden Halbkugeln besorgen, so möchte man ganz besonders von ihnen das Geheimnisvolle, Dunkle und Großartige rühmen, das Krümmel den Meeresströmungen im allgemeinen zuspricht.

Die Meeresströmungen sind nur da scharf begrenzt, wo sich ihrer Ausbreitung Land entgegenstellt, gegen das sie andrängen und vor dem sie umbiegen müssen. Da fließen die aufgestauten Äquatorialströmungen wie reißende Ströme, und da drängen die langsamen Polarströme ihre Eisberge in die innersten Winkel der Buchten, welche in ihrer Strömungsrichtung offen sind, oder belegen die von den Strömungen getroffenen Seiten der Vorgebirge mit hohem Packeis. Aber starke Strömungen brauchen Tiefe und vermeiden daher die Kontinentalstufe des Landes, über der nur 100 oder 200 m Wasser stehen. In der Lücke, die sie dergestalt zwischen ihrem scharfen Innenrand und dem Lande lassen, entstehen mit Vorliebe Gegen- und Auftriebströme (s. unten, S. 233). Überall, wo Meeresströme freien Raum zur Ausbreitung finden, verbreitern und zerteilen sie sich über weite Flächen und erschweren, indem sie ihre Bewegungen verlangsamen, ihre Unterscheidung von den sie umgebenden ruhenden Wassermassen. Schon im nordöstlichen Teil des Golfstromes gibt es Stellen, wo nur noch die Wärmemessung den Zustrom nachweisen kann. Es entsteht daraus die große Schwierigkeit, dauernde Bewegungen von vorübergehenden Wind- oder Driftströmen zu unterscheiden.

Als Parry an der Küste von Nordsomerset 1825 eine vorwiegend südliche Eisdrift bemerkte, welche durchschnittlich 7 Tage von 10 und mit bedeutender Geschwindigkeit andauerte, schrieb er in sein Tagebuch: „Würde ich dies zum erstenmal in diesen Meeren beobachtet haben, so hätte ich wahrscheinlich geschlossen, daß ein beständiger Strom nach Süden in dieser Jahreszeit gehe; nachdem wir aber die Erfahrung gemacht hatten, daß jede Brise in einer eisbedeckten See einen starken Strom erzeugt, und nachdem wir gerade in der Zeit, da diese Beobachtung gemacht wurde, vorwaltenden Nordwind hatten, bin ich geneigt, zu glauben, daß die Strömung dieser Ursache zuzuschreiben ist, zumal das Eis mehrere Male bei südlichem Wind in der entgegengesetzten Richtung driftete. Eine Frage von dieser Art kann nicht durch einige unzusammenhängende Beobachtungen entschieden werden." Seitdem hat gerade das Nördliche Eismeer noch so manche Beispiele für die Erzeugung beträchtlicher Strömungen durch Wind geliefert. Wir erinnern nur an die Erfahrungen im Karischen Busen, wo man deutlich sieht, wie Westwinde den Eingang schließen, Ostwinde ihn öffnen. Sehr lehrreich sind übrigens auch die Verhältnisse in den Meeren, die von Monsunwinden bestrichen werden. Unter dem Monsunwechsel hat das Rote Meer in den drei Sommermonaten Strömungen, die südöstlich fließen, in den Monaten November bis März herrscht dann die Nordwestrichtung bis in den Suesgolf hinein. Ja, im Suezkanal selbst trifft man zu dieser Zeit das schwerere Wasser des Roten Meeres an.

Unter allen Eigenschaften der großen Meeresströmungen ist am wenigsten genau bisher die Tiefe erforscht worden, die größtenteils von der Kraft und Dauer der Bewegungsanstöße, aber bei den warmen Strömungen sicherlich auch von dem Niedersinken des warmen und dichten Wassers von der Oberfläche abhängt. Wo so große Wassermassen, wie im Golfstrom, zusammengedrängt ein enges Profil durchfließen, erreichen die Meeresströme Tiefen bis zu 500 m. Es ist indessen wohl zu beachten, daß bei allen salzreichen Strömen die Tiefe viel größer scheint, als sie ist, da ihr Wasser vermöge seiner Schwere sinkt und Wärme mit hinabnimmt. Der Querschnitt der warmen und salzreichen Meeresteile wird also immer größer sein als der ihrer strömenden Massen. Für den Yukatanstrom wird das Fließen unmerklich in 370 m Tiefe,

beim Agulhasstrom in 200 m; im Durchschnitt dürften aber die großen Meeresströmungen nicht über 200 m hinabreichen. Solche tiefen Ströme können natürlich nur in tiefen Meeren fließen. So ist der Golfstrom als geschlossene, sich schnell bewegende Wassermasse auf das tiefe Meer angewiesen. Daher liegt seine Westgrenze im nordöstlichen Amerika eine lange Strecke vor der 200 m-Linie, d. h. am Rande der Flachsee; und nur wo er seine ganze Größe noch nicht erreicht hat, in der Floridastraße, kommt er dem Lande bis auf weniger als 20 km nahe. Nur darum kann er auch durch den Westrand der Neufundlandbank aus seiner Nordostrichtung in die südöstliche abgelenkt werden. Die Tiefe bestimmt in erster Linie die Mächtigkeit der Wassermasse, die durch eine Strömung in gegebener Zeit von einer Gegend eines Meeres nach einer anderen versetzt wird, und damit die Rolle dieser Meeresströmung in der Ökonomie der Erde. Auch die Lage und Richtung der großen Meeresströmungen hängt von ihrer Tiefe ab und um so mehr, als der obere Teil jeder Meeresströmung in jeder Hinsicht veränderlicher ist als der untere, der der beharrende ist. Wenn es sich darum handelt, einen echten Meeresstrom von einem Küstenstrom zu unterscheiden, z. B. den Labradorstrom von dem kalten Küstenwasser vor Neubraunschweig und Neuengland, so muß man jenen im tiefen Wasser suchen. Die tiefen Meeresströmungen fließen am Rande der Festlandstufe, so daß von diesem einwärts nur Küsten- und Gegenströmungen sowie Auftriebswässer Platz finden: ein merkwürdiger Beweis für die Wirkung des Meeresbodens nach der Meeresoberfläche hin. So hält sich der Golfstrom auch in der Gegend von Neufundland, wo er mindestens 500 m tief ist, außerhalb der 200 m-Linie (s. die obenstehende Karte). Vereinzelte warme Wassermassen findet man über den Küstenbänken, aber sie fließen nicht. Wenn Inselreihen wie Wellenbrecher auf Strömungen wirken, so sind es nicht ausschließlich ihre übermeerischen Teile, sondern oft mehr ihre untermeerischen Fundamente, welche die tiefgehenden Bewegungen verlangsamen und ablenken. Damit ist natürlich nicht gesagt, daß nicht Oberflächenströmungen,

Der Labradorstrom und der Golfstrom bei Neufundland. Nach G. Schott und anderem Material.

die sich rasch bewegen, auch bei geringer Tiefe beträchtliche Wirkungen hervorbringen können. Z. B. bringt trotz der geringen Tiefe der Straße von Gibraltar das warme, dichte Wasser des Mittelmeeres fast bis zur Mitte des Atlantischen Ozeans vor und sinkt bis in 2000 m Tiefe.

Die Geschwindigkeit der Meeresströmungen ist abhängig von der Stärke der treibenden Kräfte und von der Gestalt des Bettes. Wo über einer weiten, ungebrochenen Meeresfläche dauernde Winde ihre Triebkraft entfalten, finden wir Strömungsbewegungen von mehr als 7 km in der Stunde und in einzelnen Fällen noch mehr im äquatorialen Stillen Ozean. Die mehr gehemmte nördliche, westwärts gerichtete Äquatorialströmung des Atlantischen Ozeans fließt wenig über 1 km in der Stunde, aber der Golfstrom bewegt sich durch die Floridastraße mit einer mittleren Geschwindigkeit von 6 und zuzeiten von 9 km in der Stunde; das ist mehr als die Geschwindigkeit des Oberrheines bei mittlerem Wasserstand. Dieselbe Maximalgeschwindigkeit erreicht auch der Mosambikstrom, der in ähnlicher Weise sich durch eine enge Meeresstraße drängt, und Chun fand vor der Südspitze Afrikas eine Geschwindigkeit des Agulhasstromes von 3,7 Seemeilen in der Stunde, die den Lotversuchen große Schwierigkeiten entgegensetzte. Dagegen beobachten wir Geschwindigkeiten, die erst durch ihre Wirkungen merklich werden, bei den Polarströmungen, die nur 0,1—1,5 km zurücklegen. Niemals sind diese Bewegungen für große Teile einer Strömung dieselben, auch ändern sie sich mit den Jahreszeiten und den Perioden der Gezeiten.

In allen großen Strömungen an der Meeresoberfläche ist die Ablenkung durch die Umdrehung der Erde greifbar. Aber dieselbe beherrscht auch kleinere Strömungen, drängt z. B. noch das übereinanderliegende salzarme und salzreiche Wasser in der nordöstlichen Nordsee nach rechts oder Osten; Krümmel hält es sogar für wahrscheinlich, daß das Vordringen des schwereren Wassers an die deutsche Ostseeküste von der Erdumdrehung mitverursacht sei.

Bei starken Meeresströmungen liegt, wie bei Flüssen, die größte Geschwindigkeit in der Mitte, während an den Rändern Gegenströme verzögernd wirken. Auch darf man voraussetzen, daß, ähnlich wie bei Flüssen, starke Meeresströmungen über ihre Umgebungen emporschwellen. Um die Natur der Meeresströmungen zu verstehen, muß man sich immer erinnern, daß für die Wassermassen, die sie fortführen, andere Wassermassen hinzuströmen müssen. Jeder Abstrom erzeugt daher einen Zustrom. So entstehen Gegenströme dort, wo ein Strom Teile des umgebenden Wassers mit sich fortreißt, die dann aus einer dem Strome entgegengesetzten Richtung ersetzt werden müssen. Oder es sind rückprallende Strömungen, wie sie zwischen den durch die Passatwinde gegen einen meridional verlaufenden Kontinent getriebenen Äquatorialströmen entstehen, wo sie dann zu dem äquatorialen Gegenstrom beitragen. In ihrer unmittelbaren Umgebung wirken die Strömungen natürlich zunächst mitziehend, denn da sie sich nicht wie Flüsse zwischen starren Ufern bewegen, sondern im Flüssigen dahingehen, teilen sie ihre Bewegung einer weiten Umgebung mit. Auf welcher Seite der Floridastraße auch der Golfstrom fließen möge, er zieht doch das Wasser der ganzen Straße mit sich, falls ihm nicht starke Winde unmittelbar entgegenstehen. Daß Strömungen untertauchen und ihre Bewegung auch dann beibehalten, wenn an der Oberfläche eine ganz andere Richtung Platz greift, beweisen schlagend die Eisberge, die oft so tief gehen, daß sie in die tiefe Strömung hineinreichen und mit ihr gegen die Oberflächenströmung sich bewegen.

Da ablandige Winde Oberflächenwasser forttreiben, lassen sie Wasser aus der Tiefe emporquellen, das in der Regel kälter, in den Eismeeren aber wärmer ist als das Wasser der Oberfläche, und dieser „Auftrieb", diese aufsteigenden Strömungen können bei stetiger Bewegung

in weiten Gebieten kaltes Wasser zur vorherrschenden Erscheinung machen, wo aus klimatischen Gründen es nicht vorauszusetzen wäre. Das Gegenteil des Auftriebs ist der Aufstau, durch den z. B. warmes Wasser vom Passat an der brasilischen Küste in die Tiefe gedrängt wird und die Tiefe der warmen Oberflächenschicht vergrößert. An der gegenüberliegenden Leeküste mag dann eine Aufstauung warmen Wassers der Abstauung auf der Luvseite entsprechen; wir finden bei Kap Spartel (Nordafrika) bei Südwinden Wasser, das 5—6° kälter ist als an der gegenüberliegenden spanischen Küste. Bei Memel hat man bei ständigem Ostwinde die Wärme der Ostsee von 19 auf 8° fallen sehen, wobei einige Seemeilen weiter draußen die Temperatur wieder auf 18° stieg. So manches kalte Wasser, das man als „kalte Küstenströmung" auf die Karten zeichnete, ist nichts anderes als Auftriebswasser. An Küsten, wo regelmäßig Winde vom Lande her wehen, tritt dieses kalte Küstenwasser stark und regelmäßig auf, so an den Westküsten Afrikas und Südamerikas in der Zone des Südostpassats und an den warmen Küsten Arabiens und Ostafrikas in der Zeit des Südwestmonsuns. Wenn an der Westküste Australiens der „kalte Strom" weniger hervortritt, so mag dafür die geringe Breite dieser Küste verantwortlich sein, die für weggetriebenes Wasser Ersatz aus dem warmen Norden hat.

Th. Wolf, welcher auf einer Fahrt von Guayaquil nach den Galapagosinseln die Temperatur des Guayaquilflusses und des Meeres an der Oberfläche maß, fand im Wasser des ersteren bei der Stadt 27° und im Meere 23°. Er bemerkte, wie es in dem Maße kälter wurde, als es mit dem Wasser des Meeres sich mischte. 23° fanden sich dann auch an der Küste der Provinz Guayas in der Breite von ca. 100 Seemeilen und ebenso bei den Galapagosinseln selbst, während dazwischen ein Streifen von 26° liegt. Wolf meinte, es finde hier „eine Gabelung des Humboldtstromes" statt. Wir wissen aber jetzt, daß eine „Kälteinsel", wo das Wärmeminimum von 16,7° gemessen wird, auch westlich von den Galapagos liegt, hervorgerufen durch das Abströmen der beiden Äquatorialströmungen nach Nordwesten und Südwesten. Eine Verbindung mit dem südlicheren peruanischen Küstenstrome besteht nicht.

Nicht alle kalten Küstenwasser sind als Auftriebserscheinungen zu deuten. Auch die Gezeitenströme wirbeln kaltes Tiefenwasser herauf, und jeder warme Strom von größerer Geschwindigkeit bringt durch einen Gegenstrom kaltes Wasser aus der Tiefe und kühlt sich durch Mischung mit ihm ab.

Wie die dauernden Winde, so müssen auch die Meeresströmungen mit der Sonne wandern, welche die Luftdruckgebiete verschiebt. Mit dem Vorschreiten der Wärme im Nordsommer nach Norden bringt auch die Passatzone auf dem Meere nordwärts vor und hat ihre Nordgrenze durchschnittlich bei 28° nördl. Breite. Dies bedeutet ein entsprechendes Wandern der warmen Strömungen in derselben Richtung. Die äquatorialen Gegenströmungen im Stillen und Atlantischen Ozean gewinnen nun erst ihre volle Ausbildung, wogegen sie im Winter besonders im westlichen Teil zusammenschwinden. Der Golfstrom schwillt im Sommer nach Norden und Osten, so daß warmes, salzreiches Wasser bis in die Ostsee vordringt, wo es sogar über der Darßer Schwelle beobachtet wird. Diesem sommerlichen Anschwellen nach Norden steht ein Abfließen des im Sommer gebildeten Schmelzwassers aus dem Polarbecken im Winter und Frühling gegenüber, mit dem sicherlich die Verschiebung des Packeisgürtels im Frühsommer gegen Süden zusammenhängt. So geht vom Stillen Ozean ein Strom ins Eismeer durch die Beringstraße im Frühjahr und Sommer, während im Winter ein Strom südwärts zurückfließt. Endlich haben wir reine Monsunströmungen, Abbilder der jahreszeitlich umschlagenden Monsunwinde im Indischen Ozean und in kleineren, von Monsunwinden bewegten Meeresteilen. Es läßt sich gerade wegen dieser Schwankungen von keiner einzigen Meeresströmung sagen, daß sie sicher an einer bestimmten Stelle des Meeres auftreten werde. Man kann nur allgemeine

und im großen richtige Strömungsbilder entwerfen, aber es läßt sich Stärke und Richtung einer Strömung niemals für eine bestimmte Meeresstelle mit Sicherheit voraussagen.

Daher nennt Neumayer solche Angaben „ein zweischneidiges Schwert", und Wharton begleitet seine Strömungskarten für den Indischen Ozean (1897) mit der Mahnung: Da alle Strömungen, selbst die konstantesten, wie der Agulhasstrom, außerordentlich variabel nach Richtung und Geschwindigkeit sind, so werden die wirklichen Strömungen, durch die der Schiffer Versetzungen erleidet, manchmal beträchtlich abweichen von den generalisierten Strompfeilen, welche die Karte zeigt. Die mehr oder weniger große Wahrscheinlichkeit, gerade die in der Karte angegebene Strömung zu treffen, muß man daher auch nach den Strompfeilen in den benachbarten Gegenden beurteilen und muß außerdem die Strömungskarten für andere Monate mit zu Rate ziehen.

Da mit der Ausbreitung und Stärke der Meeresströmungen die Laichplätze der Fische wechseln, kennen schon lange die Fischer größere *Schwankungen der Meeresströmungen in längeren Zeiträumen*, von denen auch die tieferen Teile betroffen werden. Im Jahre 1880 war an den Küsten der Vereinigten Staaten von Amerika der Pfannenfisch, eine Art von Sopholatilus, der in tropischen Meeren lebt, bis über 40° nördl. Breite nordwärts in Tiefen bis über 200 m in Masse erschienen und 1883 wieder verschwunden, 1893 wurde er wieder gefunden. Beide Male dürfte ein durch Jahre fortgesetztes Hingedrängtwerden des warmen Wassers, bis es den Kontinentalabfall überflutete, die Ursache gewesen sein.

Die großen ozeanischen Strömungen.

Dem überwiegenden Einfluß der bewegten Luft auf die Meeresoberfläche entsprechend, gehen in den großen Meeren die Strömungen in der Richtung der vorwaltenden *Winde*. Den Passaten entsprechen die nördlichen und südlichen Äquatorialströmungen, die westlich gerichtet sind, und den Zonen vorwaltender Westwinde entsprechen ostwärts gerichtete Strömungen, deren klassische Ausbildung wir in der Golfstromdrift finden. Würde Wasser gleichförmig den Erdball bedecken, so müßte jede Erdhälfte von zwei entgegengesetzten Strömungsringen umzirkelt werden. Wir würden zu beiden Seiten des Äquators die Oſtströmungen haben, die Supan treffend als „passatische" bezeichnet hat, und polwärts von diesen in den beiden gemäßigten Zonen die Westströmungen. Die Äquatorialströmungen würden beim Auftreffen auf die Ostküsten polwärts ausbiegen und sich dann, mehr und mehr aus ihrer meridionalen Richtung nach Osten gedrängt, schließlich in den Breiten von 40° und darüber quer über die Meeresbecken nach Osten zurückbiegen, dort dem Äquator sich wieder zuwenden und so zwei große Stromkreise schließen. In der Wirklichkeit kommt nur auf der wasserreichen Südhalbkugel ein Strömungsring fast rein zur Ausbildung, die anderen sind nur in Bruchstücken vorhanden. Leider läßt die übliche Darstellung der Meeresströmungen selbst diese Bruchstücke von Ähnlichkeiten der Bewegungen in den beiden Erdhälften nicht deutlich hervortreten. Vielmehr verdunkelt man die Homologie der Meeresströmungen, die notwendig auf der Nord- und Südhalbkugel spiegelbildlich ähnlich sein müssen, durch die Betonung nebensächlicher Ähnlichkeiten. Das erleichtert keineswegs ihr Verständnis. Während wir auf der Südhalbkugel die Westdrift als erdumzirkelnde Bewegung mit voller Sicherheit hinzeichnen, lassen wir sie auf der Nordhalbkugel in den Strömungsringen verschwinden, welche die äquatorialen und polaren Strömungen miteinander verbinden. Nun lehrt uns aber jede Windkarte der Erde, daß der Gürtel vorwaltender Westwinde auf beiden Halbkugeln trefflich entwickelt ist. Ist er doch auf der Nord- wie auf der Südhalbkugel die Folge derselben Erwärmung und Luftdruckverteilung, und übt doch auf beiden Hemisphären die Umdrehung der Erde ihren ablenkenden Einfluß ganz gleichmäßig aus.

Nur die Zusammendrängung des Landes auf der Nordhalbkugel läßt die dem Westwindgürtel entsprechende Westdrift nicht zur vollen Entwickelung kommen. Das kann uns aber nicht hindern, sie in ihren Bruchstücken zu erkennen und anzuerkennen.

Die meisten Darstellungen der Meeresströmungen in den großen Meeren haben hauptsächlich die scharfe Ausprägung einer minder wichtigen Ähnlichkeit im Auge, der Strömungsringe, die durch Stromumbiegungen in den großen Meeren entstehen. Es ist gut, sie zu betonen, nur sollte die große Ungleichheit der bewegten Wassermassen und ihrer Geschwindigkeiten nicht in unerlaubter Weise vernachlässigt werden. Daß ein solcher Ring sich aus mehreren, ganz verschiedenen Stücken zusammensetzt, die ihre besonderen Ursachen und ihre besonderen Merkmale haben, müßte in der Zeichnung mehr zu Tage treten als der Zusammenhang, der vergleichsweise weniger bedeutet. Offenbar betonte man zu einer Zeit, wo man überhaupt nur die Strömungen an der Oberfläche des Meeres kannte, diesen Strömungsring so sehr, weil man in ihm den Ausdruck des Ausgleiches zwischen äquatorialen und polaren Zuständen des Meeres, besonders in der Wärmeverteilung, sah. Daher auch die übermäßige Betonung der polaren Oberflächenströmungen. Es ist die Zeit, wo Petermann den Golfstrom in solcher Stärke in das Nördliche Eismeer eintreten ließ, daß er allein ein Millionen von Quadratkilometern großes eisfreies Meer dort erzeugen sollte. In dieser Darstellung kommt der Unterschied wesentlicher und unwesentlicher Teile der Strömungssysteme zu wenig zur Geltung, weil alles den Strömungsringen untergeordnet wird. Suchen wir aber zu klassifizieren, dann sind auf jeder Halbkugel zwei primäre Strömungen, die in entgegengesetztem Sinne, östlich und westlich, die Erde zu umströmen streben, die Grundthatsachen der Bewegungen an der Erdoberfläche. Alle anderen Oberflächenströmungen treten hinter ihnen zurück.

Gehen wir von der Südhalbkugel aus, deren ungebrochene Meeresausbreitungen der günstigste Boden für das Studium der Strömungserscheinungen sind, so finden wir in 45—40° südl. Breite die die ganze Erde umzirkelnde Westströmung, die sich in die Pacifische, Atlantische und Indische Westdrift teilt. Zwischen dem Äquator und dem 20. Grad südl. Breite finden wir gleichfalls rein entwickelt, trotz der den Ring durchbrechenden Landmassen, die westwärts gerichteten, vom Südostpassat bewegten Südäquatorialströmungen des Stillen, Atlantischen und Indischen Ozeans. Beide Ringe sind in jedem Meere durch zwei Ströme verbunden, von denen jeweils der westliche (Ostaustralischer, Maskarenen- und Agulhas-, Brasilstrom) südwärts, der östliche (Peruanische, Benguella- und Westaustralische Strömung) nach Norden geht. Auf der Nordhalbkugel kehrt diese schöne Ordnung nur in Bruchstücken wieder; unschwer erkennen wir aber zwischen 50—40° nördl. Breite im Nordpacifischen und im Golfstrom die Westdrift wieder, die im Indischen Ozean als Monsunsüdwestdrift nur im Winter zur Ausbildung kommt, und zwischen 10 und 20° nördl. Breite begegnen wir den nach Westen strebenden Ostdriften in den Nordäquatorialströmungen des Stillen und des Atlantischen Ozeans. Zwischen den beiden Äquatorialströmungen jedes Meeres, die nach Westen gehen, finden wir gleichmäßig die nach Osten gerichteten Äquatorialgegenströmungen. Die Verbindungen werden endlich auch hier im Westen der Meere durch die nach Nordosten gehenden Ströme, Kuroschiwo und Antillen-Golfstrom, und im Osten durch die nach Süden gehenden, Kalifornische und Kanarienströmung, hergestellt. Bis in Einzelheiten könnte man Bild und Gegenbild nachweisen, z. B. zwischen den Umbiegungen in der Antillen- und Bahamaregion und in dem Gebiete der nördlichen Philippinen und Formosas. Allen kartographischen Darstellungen der Meeresströmungen gegenüber wollen wir aber an der Wahrheit festhalten, daß dies immer nur Bilder von

MEERESSTRÖMUNGEN.

n. d. Atlanten d. Deutschen Seewarte, O. Krümmel, G. Schott u. A.

Warme Ströme — Kalte Ströme

Seegrasbänke — *Treibeisgrenze*

Tiefen:

0-200 m | 200-1000 | 1000-2000 | über 2000 m

Tiefenlinie von 200 m ......, 1000 m - - - - - - - -, 2000 m ._._._.

140 160 180 160 140 Westl. Länge 120 100 80 60 40

80 70 60 40 20 0 20 40 60 70

ASIEN

Neusibirische In.

Wrangel-I.

K. Barrow

Nördl. Polarkreis

Ost-K.

K. Pr. Wales

St. Lorenz I.

Alaska

Bering-Meer

Ochotsk. Meer

Sachalin

Kamtschatka

Aleuten

Kadiak

Sitka

Kön. Charlotte-In.

Vancouver-I.

Columbia

WESTWINDTRIFT

Nordpacifische Trift

Kuro-Siwo (Schwarz. Str.)

Oya-Siwo

Yesso

K. Mendocino

S. Francisco

Kaliforn.-Str.

Bonin-In.

Nördl. Wendekreis

Hawai-(Sandwich-) In.

Nord-Äquatorialstrom

Karolinen

Marshall-In.

Aquatorial-Gegenstrom

(im Winter weniger entwickelt)

Christmas-I.

Gilbert-In.

Äquator

N. Guinea

Süd-Äquatorialstrom

Samoa-In.

Marquesas-In.

Gesellsch.-In.

Paumotu-In.

Neue Hebrid.

Fidschi-In.

Cook-In.

N. Kaledon.

Tonga-In.

Hermadec-In.

AUSTRALIEN

Ostaustral.-Str.

Melb.

Bass-Str.

Tasmanien

Süd-K.

Nord-I.

Süd-I.

Neu-Seeland

Stewart-I.

Chatham-I.

WESTWINDTRIFT

Süd-Pacifische Trift

Treibeisgrenze

Oster-I.

Sala y Gomez

Dougherty-I.

Parry-In.

Prinz Patrick I.

Melville I.

Banks-Str.

Melville Sd.

Banks L.

Pr. Albert Ld.

Boothia

Nd. Devon

Grinnell Land

Washington-Ld.

Hall-Ld.

Hazen Ld.

Melville Ld.

Kane-B.

Elles-mere Ld.

Prudhoe-Ld.

Grönland

Baffin-Bai

Baffin-Land

Upernivik

Godhavn

Davis-Str.

Gr. Bären-S.

Gr. Sklaven-S.

Mackenzie

Hudson-Bai

Hudson-Str.

Labrador

Labrador-Str.

Kap Farewell

Winnipeg-S.

NORD-AMERIKA

Oberer-S.

Michigan-S.

Huron-S.

Chicago

N. York

Neu-Schottl.

Neufundland

K. Hatteras

Golfstrom

WESTWINDTRIFT

Azoren

Bermuda-In.

Sargassomeer

Florida-Str.

Antillenstr.

N. Orl.

Golf v. Mexiko

Mexiko

Yukatan

Antillen

Haiti

Karibisches M.

Nord-Äquatorialstr.

Kap Verde-In.

Kanaren

im Wint. / im Som.

Pan.

G. v. Panama

Galapagos-In.

S. Sarina

Orinoco

Guayana

Amazonen-Str.

SÜD-AMERIKA

Brasilien

Bahia

Süd-Äquat.

St. Paul

Callao

(Humboldt-Str.) Peruanischer Strom

S. Felix

J. Fernandez-In.

Valp.

Bs. Ayres

La Plata

R. de Jan.

Brasilien-Strom

Patagonien

Falklandstr.

Falkland-In.

Magelh. Str.

Feuerld.

Kap Hoorn

Kap Hoorn-Strom

Süd-Atlantische

Süd-Shetland-In.

Süd-Orkney-In.

L. Philipp-Ld.

Graham-Ld.

Alexander-Ld.

Meridian 0 v. Greenwich 20 40 60 80 100 120 140 160 180

Franz Josef Land
Graham Bell Ld.
Wilczek Ld.
Arktische Westwindtrift
Alexandra Ld.
Nordost Ld.
König Karl I.
Spitzbergen
Edge I.
Süd-K.
Bären-I.
Kingamkrit I.
K. Scheljuskin
Neusibirische In.
Taimyr-H.I.
Nowaja Semlja
Weiße I.
Karisches Meer
Jan Mayen
Nord-Kap
Wrangel I.
Skandinavien
Nördl. Polarkreis
Archangelsk
Dwina
Onega S.
Ladoga S.
St. Petersbg.
Ob
Jenissei
Lena
Kolyma
Sibirien
Jak.
Och.
Kamtschatka
Färöer
Shetland In.
Nord-See
Berlin
Moskau
Wolga
Kasan
Tob.
Irtysch
Irk.
Gobi
Ochotsk. Meer
Sachalin
EUROPA
Odessa
Aral-S.
Balchasch S.
ASIEN
Amur
Wladiw.
Pyren. H.I.
Rom
Konst.
Schwarzes M.
Kl. Asien
Tiflis
Kaspisches M.
Peking
Hoang-ho
Japan
Yesso
Kurilen
Oya Siwo
Schwarz-Str.
Kuro Siwo
Gibraltar
Mittelländisches Meer
Tigris
Euphrat
Iran
Indus
Tibet
Ganges
Jang-tse-kiang
Kant.
Bonin-In.
Nördl. Wendekreis
Sahara
Kairo
Sues
Ägypten
Arabien
Vorder-Indien
Kalk.
Hinter-Indien
Formosa
Hainan
K. Blanco
St. Louis
Timb.
Tsad-S.
Abess.
Bomb.
Arabisches M.
Golf v. Bengalen
Philippinen
Marianen
Sudan
Ad.
Aden
Sokotra
K. Guard.
Monsuntrift
im Winter
im Sommer
Dekan
Ceylon
Siam
Südchines. M.
Nord-Äquatorialstrom
Karolinen
Marshall-In.
Äquatorial-Gegenstrom
AFRIKA
K. Palmas
Victoria-Nyansa
Malediven
Sumatra
Borneo
Gilolo
im Winter weniger entwickelt
Gilbert-In.
Äquator
Bismarck-Archip.
Salomonen
Guinea
Äquatorial-Gegenstrom
Tschagos-In.
Amiranten
Sans.
Loanda
Kom.
Celebes
Neu-Guinea
Java
Süd-Äquatorial-Str.
Ascension
Benguelastrom
Timor-S.
Torres-Str.
St. Helena
K. Frio
Mosamb.
Sambesi
Süd-Äquatorialstrom
Nord-West-Str.
Neue Hebriden
Fidschi-In.
Madagaskar
Maskarenen
N. Kaledon.
Kalahari
Mosambikstr.
Maskarenen-Str.
Südl. Wendekreis
Westaustral-Str.
AUSTRALIEN
Eyre S.
Oranje
Kapst.
Darling
Sydn.
Ostaustral-Str.
Tr. da Cunha
K. Agulhas
Agulhasstr.
N. Amsterdam
St. Paul
K. Leeuwin
Austral-B.
Murray
Melb.
Bass-Str.
Nord-I.
Tasmanien
Süd-K.
Süd-I.
Neu-Seeland
Treibeisgrenze
Stewart-I.
Westwindtrift
Pr. Edward-In.
Crozet-In.
Kerguelen
Heard-In.
Bouvet-In.
Südl. Polarkreis
Enderby Ld.
Kemp-Ld.
Termination Ld.
Wilkes-Land
Balleny-In.
Victoria Ld.

80 70 60 40 20 0 20 40 60 70

0 20 40 60 80 100 120 140 180

Institut in Leipzig.

Wahrscheinlichkeiten sein können, etwa so wie Wärmekarten. Die Wahrheit liegt in dem Durchschnitt vieler Jahre, den sie uns zeigen. „Mit der Zunahme unserer Kenntnisse von den ozeanischen Wasserbewegungen ist dies immer deutlicher hervorgetreten, daß die Oberflächenströmungen äußerst unbeständig sind in Richtung und Schnelligkeit, und daß selbst die ausgesprochensten und beständigsten strichweise und zeitweise sehr großen Veränderungen unterliegen." (Wharton.)

Übersicht der Meeresströmungen.

(Siehe die beigeheftete Karte „Meeresströmungen".)

Der Atlantische Ozean ist das Gebiet der deutlichsten und beharrlichsten Strömungen, deren Ausbildung durch seine Lage und Gestalt begünstigt wird; in ihm kreisen zwei regelmäßige Strömungssysteme im Norden und Süden, die durch das dreifache Band des nördlichen und südlichen Äquatorialstromes und ihres Gegenstromes zusammenhängen. Der südliche Äquatorialstrom kommt aus dem Meerbusen von Guinea, der nördliche aus der Gegend der Kapverden, sie queren beide den Atlantischen Ozean in westlicher Richtung, und zwischen ihnen tritt östlich gerichtet der Gegenstrom als Guineastrom in den von veränderlichen Strömungen bewegten Guineabusen. Da der Südäquatorialstrom auf die Nordhalbkugel übergreift, so bewegt sich hier eine gewaltige Wassermasse Südamerika zu, um vor dessen Osthorn sich in den Brasilstrom nach Süden und den Guayanastrom nach Norden zu teilen. Schon vorher ist ein großer Teil des Wassers nach Nordwesten als Antillenstrom abgegangen, der östlich von Westindien dem nördlicheren Teile des Nordatlantischen Ozeans zufließt. Für den übrigen Teil dieser Wassermassen bildet das Karibenmeer, wo die Stromfäden und -bündel sich zusammendrängen, gleichsam die Quelle einer größeren Energie. Durch die Yukatanstraße tritt das Wasser der Karibensee in den Golf von Mexiko als der starke, tiefe, aber durchaus nicht ununterbrochen stetige Yukatanstrom ein. Keineswegs durchkreist er nun dieses Becken, auch quert er es nicht in raschem Lauf nach der Floridastraße, sondern staut sich ostwärts und sucht dort seinen Ausweg in der Floridastraße, in den meisten Teilen des Jahres vom Wind und den Gezeiten darin unterstützt. Vom Mississippiwasser wird er nicht unmittelbar bereichert; dieses mischt sich erst später von der Westhälfte des Golfes her dem Yukatanstrome bei. Die Thatsache, daß wir im östlichen Becken des Golfes von Mexiko in 460 m Tiefe 15° messen, wenn wir im westlichen in derselben Tiefe nur 7° finden, beleuchtet den sehr verschiedenen Anteil beider Hälften an der Entstehung des Golfstromes. Derselbe ist übrigens nicht in allen Jahreszeiten gleich, im Winter drängen dauernde Nord- und Nordwestwinde den Yukatanstrom zurück, im Sommer treiben Ostwinde das Wasser aus dem Ozean in das Karibenmeer und den Golf.

Der Floridastrom, der das Wasser des Golfes wieder in den Ozean zurückführt, ist nicht so sehr eine Fortsetzung des viel stetigeren Yukatanstromes als ein Ausfluß des überfüllten Golfes, der am Ostausgang der Straße durch einen zwischen Kuba und den Bahama-Inseln herkommenden Zufluß bereichert wird. Er steht an Kraft und Beständigkeit hinter dem Yukatanstrom zurück. Seine größte Kraft erreicht er in der Zeit des stärksten Passats, wo seine Geschwindigkeit von 130 auf 180 und 210 km im Tag steigt. Zwar bewahrt er in der Regel bis zum Kap Hatteras in 35° nördl. Breite eine starke Stromkraft, aber es gibt auch Zeiten, wo von dem Dasein einer Bewegung selbst in der Floridastraße kaum etwas zu merken ist. Man würde diese Unterschiede in den Wassermassen, die den Nordatlantischen Ozean queren, verspüren müssen, wenn nicht der Floridastrom doch nur ein Teil dessen wäre, was wir Golfstrom nennen. Schon in der Höhe von Charleston, bei 32° nördl. Breite, breitet sich der Strom immer

mehr aus, bei 35°, ungefähr auf der Höhe von Kap Hatteras, verläßt er den Küstenabfall, und zugleich tritt ein großer Verlust an Geschwindigkeit ein: im Meridian von Neufundland, den die Strömung 4—5° südlich von dieser Insel passiert, macht sie durchschnittlich nicht über 24 Seemeilen im Tag. Wenn auch ihr Westrand durch die vorwiegenden Westwinde dieser Gegend meist deutlich genug erkennbar ist, ist sie doch im übrigen zerteilt, und die kühlere Unterlage kommt breit zwischen den Bändern warmen, blauen Wassers zum Vorschein. Nun vereinigen sich mit ihr nördlich vom 35. Grad nördl. Breite, durch dieselben Westwinde getrieben, die außerhalb der Antillen nordwärts gegangenen Teile des Antillenstromes, und eine breite, mit Wind und Jahreszeit schwankende Masse warmen Wassers, deren Wärme und Salzgehalt noch vor den Färöer die

Das Sargassomeer. Nach O. Krümmel. Vgl. Text, S. 239.

0°-Tiefenisotherme bis 500 m hinabreichen läßt, wälzt sich nach Osten und verbreitert sich immer mehr, bis sie vor den Küsten Europas den ganzen Raum zwischen dem Kanal und dem Polarkreis erfüllt. Dieses längst nicht mehr geschlossen strömende, sondern fächerförmig sich gegen Europa ausbreitende Wasser wird heute als Golfstrom zusammengefaßt, während man dem eigentlichen Strom vom Golf von Mexiko bis Kap Hatteras den älteren Namen Floridastrom wieder beigelegt hat; besser würde jenes als Golfstromdrift bezeichnet. Schwer ist es, den Anteil zu bestimmen, den der Floridastrom an der ganzen nordatlantischen Warmwasserbewegung hat. Der Antillenstrom allein, breiter und stetiger, wenn auch langsamer und seichter, kann ihm wohl gleichgesetzt werden. Östlich von 40° östl. Länge wird die ganze Golfstromdrift so schwach, daß ihre Bedeutung für die Schiffahrt verschwindend ist. Am Ostrande des Atlantischen Ozeans, längs der südwesteuropäischen und nordwestafrikanischen Gestade, kehrt, von etwa 50° nördl. Breite an, ein Teil des von Westen herübergetriebenen Wassers längs den Kanarien und Kapverden hin zum Ausgangsgebiete in den Nordäquatorialstrom zurück in Gestalt der Kanarienströmung, einer ziemlich stetigen Süddrift, die manchmal bis 5° nördl. Breite zu

verfolgen ist. Innerhalb des dadurch entstehenden Strömungsbogens sammeln sich treibende Pflanzenteile und Tiere, besonders Tangzweige, in dem Sargassomeer (s. die Karte, S. 238).

Nach der ersten Berührung des Golfstromes mit dem Labradorstrom über den Neufundlandbänken geht ein Arm des ersteren in das Meer zwischen Grönland und Baffinsland. Der westlich von Island nordwärts gehende Arm wird als Irmingerstrom bezeichnet; er spaltet sich südlich von der Dänemarkstraße, von wo ein Arm am Außenrande des ostgrönländischen Stromes südwestwärts um das südöstliche Grönland bis in die Baffinsbai geht; dem

Der Falklandstrom. Nach dem Atlas des Stillen Ozeans der deutschen Seewarte und O. Krümmel. Vgl. Text, S. 240.

östlichen Arm ist ein großer Teil der Abschmelzungsarbeit an dem ostgrönländischen Eisstrom zu danken. Vor der ostgrönländischen Küste überschwemmt das durch Eisschmelzung leicht gewordene Eismeerwasser das Wasser des Golfstromes möglicherweise noch unter 74° nördl. Breite.

Die große Masse des Golfstromwassers findet nordwärts ihren Weg von der Nordküste Norwegens an der Bäreninsel hin und westlich von Spitzbergen; in der seichten Barentssee gegen Nowaja Semlja hin nimmt die Tiefe des warmen Wassers rasch ab. Aber die Südhäfen von Island, die Färöer, Nordnorwegen, die Bäreninsel und selbst Westspitzbergen erfahren die wärmende Kraft des westatlantischen Wassers; ja man hat westindische Treibprodukte auf Nordostland jenseits des 80. Grades gefunden.

Zu allen Zeiten des Jahres setzt eine langsame Strömung an der Ostseite von Großbritannien südwärts bis über die Breite des Humber, von da nördlich von den Friesischen Inseln nach Osten und westlich von Sylt nach Norden, wo sie sich zum Teil an der norwegischen Küste und zum Teil in das Skagerrak fortsetzt. Die Hauptursachen dieser Strömung sind die vorwaltend westlichen Winde, die das

atlantische und Golfstromwasser in die Nordsee führen und diese nach Osten hin aufstauen, während der weit südlich liegende, enge und seichte Kanal keinen Ausweg bietet. In der Nordsee bildet die Doggerbank eine Stromscheide zwischen dem durch den Kanal hereinkommenden atlantischen Wasser des südlichen und dem vom Golfstrom beeinflußten Wasser des nördlichen Teiles. Ausläufer des Golfstromes mit atlantischem Wasser gehen bis in den westlichen Teil der Ostsee.

Ungleich schwächer und minder wirksam ist das in der landlosen und inselarmen Ausbreitung des Südatlantischen Ozeans sich zerfasernde Spiegelbild des Golfstromsystems. Dem Südlichen Eismeer zu breit geöffnet, vermag der Südatlantische Ozean trotz der Stärke des südlichen Äquatorialstromes seine Wasser nicht zusammenzudrängen und ihre Wärme gleichsam zu konzentrieren, wie der Nordatlantische. So entsteht aus der Südäquatorialströmung beim Kap San Roque der Brasilstrom, der bis über die La Plata-Bucht hinaus am Küstenabfall hinfließt und bis 48° warmes Wasser führt. Aber um den 50. Grad südl. Breite biegt er scharf nach Osten, nachdem seine äußeren Streifen die Küste schon von der La Plata-Bucht an verlassen hatten. Er wird auf dem Wege nach Osten südlich begleitet von dem Ausläufer des Kap Hoorn-Stromes, einem Glied in der Kette der antarktischen Westdrift, hier Verbindungsstrom genannt; dieser folgt derselben Richtung, so daß eine wesentlich abgekühlte Wassermasse an der Südwestspitze Afrikas als Benguellastrom sich nordwärts begibt, in deren äußeren Teilen allein die wärmeren Bestandteile noch zu finden sind, während die inneren durch Auftriebwasser noch mehr abgekühlt werden. Als ein Gegenstück des Labradorstromes schiebt sich zwischen das Südende des Brasilstromes und die Küste von Südamerika in dem Raume zwischen Stateninsel und Falklandsinseln die Falklandströmung (s. die Karte, S. 239) ein, die kaltes südliches Wasser nach Norden trägt.

Im Stillen Ozean tritt uns dasselbe Doppelsystem von Strömungen entgegen, nur breiter ausgebildet und deswegen mit viel weniger selbständigen Gliedern als im Atlantischen. Der Stille Ozean bietet unter dem Äquator eine ungebrochene Breite von 9000 Seemeilen gegen 3600 des Atlantischen und 3300 des Indischen Ozeans, also eine Fülle von Raum zur Entfaltung großer, rascher, aber auch rasch sich verbreiternder Bewegungen von großer Regelmäßigkeit. Nirgends kommt das System der von den Passaten bewirkten Nord- und Südäquatorialströmung mit dem Gegenstrom dazwischen so rein zur Entfaltung. Wir sehen zunächst nördlich und südlich vom Äquator zwei Ströme, die nach Westen gehen; der eine staut und teilt sich vor den Philippinen, wo der größere Ast hart an der Ostküste von Luzon fließt, nach Norden und Nordwesten umbiegt und als Kuroschiwo, als echter warmer, blauer, salzreicher Passatstrom an Formosa vorbei, mit einer Abzweigung in die Formosastraße, gegen Korea fließt, dessen Westseite ein kleiner Ast umspült, während der Hauptstrom vor den Süd- und Ostküsten Japans liegt und vor der Mittelinsel, etwa in der Breite der Bucht von Tokio, die Küsten Asiens verläßt. Sachalin empfängt nur noch spärliche Ausläufer, deren mildernde Wirkung das Klima der Ostseite und besonders der Aniwabucht verspürt.

Von dem Eintritt des Kuroschiwo ins Eismeer, den man früher als selbstverständlich annahm, ist keine Rede; über die Wasserbewegung in der Beringstraße s. oben, S. 230. Im Sommer wird warmes Wasser in das Beringsmeer und in das Ochotskische Meer in geringen Mengen eingeführt; aber erst östlich vom Meridian der Beringstraße wird es verstärkt durch warmes Wasser, das als dem Antillenstrom entsprechender Boninstrom und als breite Driftströmung zwischen 40 und 50° nördl. Breite nach Nordosten fließt. Im breiten Stillen Ozean gezwungen, einen mehr als doppelt so langen Weg zurückzulegen, kommt eine nur noch mäßig warme Strömung an die amerikanische Küste, ohne deren Klima so stark zu beeinflussen, wie es die Golfstromdrift an der europäischen Seite des Atlantischen Ozeans vermag. In der Höhe von Vancouver geht ein nördlicher Arm an die Küste von Alaska, ein stärkerer biegt nach Süden und schließt als Kalifornischer Strom an der Küste von Nordwestamerika die Verbindung mit dem nordpacifischen Äquatorialstrom, in den er auf der Höhe von San Diego übergeht. Vor San Francisco liegt dieser Strom etwa 45 Seemeilen vor der Küste.

Ganz ähnlich setzt sich auch das Strömungssystem des südlichen Stillen Ozeans zusammen. Der westlich gerichtete südliche Äquatorialstrom, den man bis 4 und 5° nördl. Breite zwischen

Peru und Neuguinea in starker Bewegung findet, ist viel breiter als sein nordäquatorialer Bruder. Als ostaustralischen Strom finden wir ihn südwärts bis zur Baßstraße; er bespült das nördliche Neuseeland und biegt in einem östlicheren Arm in der Gegend der Gesellschaftsinseln südwärts; beide vereinigen sich in der Gegend des 40. Parallels mit der großen Westwinddrift, die zwischen 40 und 50° südl. Breite vor der Westküste Südamerikas sich in den Kap Hoorn-Strom und die peruanische Strömung teilt, so daß ein großer Teil der Westküste Südamerikas von kaltem Wasser umgeben ist. Die peruanische Strömung, von 15° südl. Breite an deutlich ausgebildet, entspricht der kalifornischen und biegt demgemäß auch in die Südäquatorialströmung ein.

Wir haben oben bei der Betrachtung des Auftriebwassers gesehen, welchen Anteil auch an dieser Küste aufsteigendes kaltes Wasser an der Temperatur des Küstenwassers hat. Außerdem bilden sich auch polwärts gerichtete Gegenströme oder Kompensationsströme aus. Dazu gehört an der kalifornischen Küste ein Strom, der Sequoiastämme des Gebirges nach Alaska trägt; die Amerikaner nennen ihn Davisons Eddy-Current. Zwischen den beiden westwärts gerichteten Äquatorialströmen geht ein äquatorialer Gegenstrom nach Osten. Er ist mächtiger und fließt dauernd regelmäßiger als der atlantische. Bis in den Golf von Panama verfolgt man ihn von den Molukken an über eine Länge von 16,000 km. Auf die zentralamerikanische Küste ist er wie ein Gegenstück des Guineastromes gerichtet. Seine Stärke ist gerade hier beträchtlich.

Der Agulhasstrom. Nach dem Atlas des Indischen Ozeans der Deutschen Seewarte.

Der Indische Ozean steht unter der Herrschaft der Monsune. Im nördlichen Teile schwanken mit diesen die Strömungen, und eine den westwärts gerichteten Nordäquatorialströmungen der anderen Meere entsprechende kommt nur in der Zeit vor, wo der dem Nordpassat entsprechende Nordostmonsun weht, also in unserer Winterzeit. Wohl aber fließt ein südlicher Äquatorialstrom zwischen 10 und 20° südl. Breite westwärts und ihm entgegen ein äquatorialer Gegenstrom zwischen dem Äquator und 6° südl. Breite. Der Südäquatorialstrom des Indischen Ozeans wird durch Madagaskar geteilt, an dessen Ostseite eine kleinere Hälfte als Maskarenenströmung nach Süden geht, während der größere Teil von Norden her in die Mosambikstraße tritt und als Mosambikströmung mit großer Kraft an der afrikanischen Südostküste hinfließt. Vor dem Südrand Afrikas biegt sie als ungemein kräftige und warme Agulhasströmung (s. die obenstehende Karte und die Karte der Meeresströmungen bei S. 287) östlich um, verzweigt sich und vereinigt sich, ebenso wie die Maskarenenströmung, mit der antarktischen Westwinddrift.

Für die Schiffe, die um Südafrika aus dem Indischen in den Atlantischen Ozean fahren, ist die Agulhasströmung zuzeiten eine wesentliche Hilfe; sie finden noch in 36° südl. Breite in ihr Temperaturen von 20° C. Nach dem südlichen Indischen Ozean zu verbreiten sich die warmen Wässer, die südlich von Madagaskar herkommen, trichterförmig. Bei 40° südl. Breite mißt man noch 17° an der Meeresoberfläche, bei 53° schon −1°. Dazwischen folgen die blauen und grünen Bänder des warmen und kalten Wassers hart aufeinander. Im nördlichen Indischen Ozean entsteht beim Wehen des Nordostmonsuns ein starker Strom, der westwärts der Küste Ostafrikas zufließt. Zur Zeit des Südwestmonsuns, also im Nordsommer, bildet die nach Osten setzende Bewegung südlich von Ceylon ebenfalls einen kräftigen Oststrom aus.

Die Eismeerströmungen. Die beiden Eismeere bieten Strömungen ganz verschiedene Bedingungen: das Südliche ist an der Oberfläche breit geöffnet und in der Tiefe günstig für den Wasseraustausch gebaut, während das Nördliche ein Gefäß ist, an dessen Wänden das Eis sich staut, und aus dessen Öffnungen selbst das Flüssige nur in beschränktem Maße auszutreten vermag. Im Nordatlantischen Ozean liegen jene Bänke, welche die Eismeertiefen im Süden begrenzen und das Tiefenwasser des Nördlichen Eismeeres nur in einigen Rinnen entlassen. Es steht also für den großen ozeanischen Wärmeaustausch nur das Südliche Eismeer fast unbeschränkt offen. In beiden Eismeeren kennen wir Bewegungen des Treibeises in bestimmten Richtungen. Die Geschichte der Polarfahrten gibt uns eine Menge von Beispielen des Treibens von Schiffen, die im Eis eingeschlossen waren, oder von schiffbrüchigen Mannschaften auf Eisfeldern. Sie gehören zu den spannendsten und manchmal leider zu den tragischsten Episoden in dieser an ergreifenden Szenen so reichen Geschichte. Derartige unfreiwillige Reisen haben sich in gewissen Teilen des so viel besuchten Nördlichen Eismeeres unter den verschiedensten Umständen in derselben Richtung wiederholt. Sie beweisen damit das Vorhandensein entsprechender Meeresströmungen.

So ist an der Ostküste Grönlands unzweifelhaft eine Bewegung des Eises in südlicher Richtung durch die bekannte Drift der Bemannung der „Hansa" im Winter 1869/70 nachgewiesen. Diese Leute hatten sich von dem schiffbrüchigen Fahrzeug auf eine Eisscholle gerettet, auf der sie 243 Tage südwestwärts fast 1000 Seemeilen in der Luftlinie trieben. Während diese Drift im Winter stattfand, trieb Nansen von 65—61° nördl. Breite an der Ostküste Grönlands 11 Tage im August 1888 mit der mittleren Geschwindigkeit von 24 Seemeilen pro Tag. An der Westseite Grönlands trieb vom 15. Oktober 1872 bis zum 29. April 1873 ein Teil der Mannschaft des amerikanischen Schiffes „Polaris" von 77½ bis 53½° nördl. Breite. Eine der wichtigsten Eisdriften war die, welche den „Tegetthoff" von der Nordwestküste Nowaja Semljas nordwärts zur Entdeckung des Franz Josefs-Landes führte. Sie hat schon 1878 den Führer der „Tegetthoff", Weyprecht, auf jenen beständigen Abfluß von Eis im Süden von Franz Josefs-Land von Osten nach Westen hingewiesen, den dann Nansen benutzte, um von Osten her in das Innere des Eismeeres vorzudringen.

Die Eismeerströmung, die in den letzten Jahren am meisten Aufmerksamkeit erregt hat, ist die Driftströmung im nordsibirischen Eismeer. Das Vorkommen von sibirischem Treibholz an den Küsten von Spitzbergen und Grönland hatte zuerst 1852 Petermann die Anregung gegeben, eine Strömung von dem östlichen Sibirien durch das Nördliche Eismeer bis nach Spitzbergen anzunehmen. Das amerikanische Polarschiff „Jeannette" wurde 1883 von der Heraldsinsel bis in die Gegend der Neusibirischen Inseln geführt. Reste von dem Schiffbruch der „Jeannette" wurden endlich 1884 an der westgrönländischen Küste gefunden, sowie ein Wurfbrett, das aus Alaska stammen mußte. Mohn und Supan haben dann die Strömungsverhältnisse des Nördlichen Eismeeres eingehend theoretisch behandelt, und Nansen baute auf diese Strömung seine Hoffnung, den Nordpol zu erreichen.

Die „Fram" ist vom September 1893 bis Mai 1896 von 78° 45′ nördl. Breite und 133° östl. Länge bis 83° 45′ nördl. Breite und 12° 50′ östl. Länge getrieben, wobei sie 85° 55,5′ nördl. Breite passierte. Diese Strömung geht aus der Gegend nördlich der Beringstraße aus, ohne indessen mit den pacifischen Strömungen zusammenzuhängen, bewegt sich erst nach Nordwesten und biegt westlich von 90°

östl. Länge nach Südwesten um. Wahrscheinlich folgten auch die Eisfelder dieser „arktischen Westdrift“, auf denen 1828 Parry mit seinen Renntierschlitten nordwärts von Spitzbergen unter 82° nördl. Breite vorzudringen glaubte, während er täglich um 7 km südlich trieb (s. Bd. I, S. 64).

Suchen wir uns nun aus den zum Teil noch lückenhaften Beobachtungen ein Bild von den Strömungen im Nördlichen Eismeer zusammenzusetzen, so begegnen wir einer Reihe von Gliedern westlicher Bewegungen von Ostsibirien bis Ostgrönland. Spitzbergen, das wie ein Wellenbrecher ihnen entgegensteht, liefert die untrüglichen Beweise ihrer Richtung in den Ablagerungen von Treibholz sibirischen Ursprunges an den Küsten von Nordostland, der Hinlopenstraße, von Stansforeland und an der Ostseite des Südkaps. Von Jan Mayen aus geht ähnlich der ostisländische Strom fast genau gegen Island und die Färöer, trifft zwischen beiden auf den Golfstrom, der über ihn wegfließt und eine so mächtige Schmelzwirkung auf das arktische Eis übt, daß östlich von Island überhaupt kein Eis nach Süden geht.

Das Auftreffen der Eismeerströmungen auf die ozeanischen kennen wir am besten dort, wo die vereinigte westgrönländische Strömung, bereichert durch einen umgebogenen Teil der ostgrönländischen, als Labradorstrom in das Golfstromgebiet eindringt. Der Labradorstrom erscheint an der Neufundlandbank als eine echte ozeanische, an die Tiefsee gebundene Strömung rasch bewegten, sehr kalten Wassers; das Wasser, das hier in rechtem Winkel auf das des Golfstromes trifft, mischt sich zum Teil mit ihm und taucht zum Teil unter den Golfstrom.

Darauf deuten die ins warme Wasser hineindriftenden, tiefgehenden Eisberge hin. Sie gelangen im Sommer bis südlich von 40° nördl. Breite, indem sie breite und tiefe Massen warmen Wassers durchschreiten. Das kalte Wasser auf der Neufundlandbank und weiter südlich an der amerikanischen Küste, die sogenannte Kalte Mauer, ist keine Fortsetzung des Stromes, sondern zum Teil Auftriebwasser, zum Teil Fortsetzung des aus dem Sankt Lorenzgolf fließenden Cabotstromes.

Die Strömungen in der Antarktis sind noch sehr wenig bekannt. Eine Zone vorwaltender Westwinde schlingt sich durch das große Südmeer und erzeugt zwischen 40 und 60° südl. Breite entsprechende Strömungen, die, im allgemeinen von Westen kommend, an die Südwestseiten der Süderdteile anprallen. Wir finden also einen Strömungsring auf der Schwelle des Südlichen Eismeeres, wie er auf der landreichen Nordhalbkugel nur in Bruchstücken zu stande kommt. Es ist sehr wichtig, daß er die antarktischen Eisströme hindert, unmittelbar in die nördlich vom Südmeer sich abgliedernden Ozeane einzutreten. Nach Norden abgelenkt, läßt er nur sehr abgeschwächte kalte Strömungen entspringen: die südwestafrikanische, die südwestaustralische und die sogenannte peruanische Strömung. Es sind kalte Strömungen, von denen man früher glaubte, daß sie sich bis zum Äquator fortsetzen; doch gehören die kalten Wässer in der Bucht von Kamerun und bei den Galapagos zu den Auftriebwässern, und auch weiter im Süden mischen sich diese mit den nordwärts gerichteten Ausläufern der Westwinddrift.

Es ist eines der großen Probleme der antarktischen Forschung, zu untersuchen, woher die hier hinausfließenden Wassermassen sich ersetzen. Daß sie nicht bloß eine oberflächliche Drift sind, lehren die mit ihnen nordöstlich treibenden Eisberge. Auf ihre merkwürdigen Verbindungen mit den südwärts strebenden Ausläufern der südhemisphärischen Äquatorialströme ist schon hingewiesen worden. Die antarktische Westdrift empfängt durch dieselbe warmes Wasser, das vielleicht an einzelnen Stellen, z. B. südlich von den Kergueleninseln, das antarktische Eis zurückdrängt.

Die Randmeere verhalten sich je nach ihrer Zugangsbreite und -tiefe (s. Bd. I, S. 580 u. f.) sehr verschieden zu den Strömungen. Das amerikanische Mittelmeer, breit und tief zugänglich, ist geradezu ein Durchgangsmeer der nordatlantischen Strömungen. Umgekehrt empfängt das eurafrikanische Mittelmeer keinen Faden von der vor seinem Eingang vorüberfließenden Kanarienströmung. In die Nordsee und selbst in die Ostsee treten dagegen einzelne Fäden der

Golfstromdrift ein. Man sieht, welche Abgestuftheit äußerer Einflüsse hier möglich ist. Ihnen gegenüber hat jedes Randmeer seine eigene Zirkulation, die manchmal ungenügend entwickelt, aber immer in Bruchstücken oder Anläufen vorhanden ist. Vorherrschende Winde erteilen Anstöße zu oberflächlichen Bewegungen, und die Gewichts- und Wärmeunterschiede rufen jene Schichtungen und Austauschbewegungen besonders in den Meeresstraßen zum Atlantischen Ozean und zum Pontus hervor, die wir kennen gelernt haben (s. oben, S. 215).

Die Alten wußten schon, daß im Sommer bei den regelmäßigen Nordwinden, die sie Etesien nannten, im Mittelmeer eine Strömung nach Süden einsetzt, die sie besonders beim Verkehre mit der afrikanischen Küste fleißig benutzten, und ebenso wußten sie, daß im Winter, wo die Winde unregelmäßiger werden, auch die Strömungen einen weniger stetigen Charakter haben. Daß jene nach Süden gerichtete Strömung von Gegenströmen, die entgegengesetzt laufen, auf beiden Seiten begleitet sei, war ebenfalls schon bekannt. Der Nachweis einer Südströmung an der italienischen Küste der Adria, der an der dalmatinischen ein Nordstrom entgegenfließt, bestätigte jüngst wieder die alte Erfahrung.

Die Entstehung der Meeresströmungen.

Die Entstehung der Meeresströmungen scheint leichtverständlich zu sein. Sind nicht Bewegungen im Meere aus inneren Gründen notwendig, und kommen nicht zu ihnen Bewegungsanstöße von außen, die hinreichend kräftig sind? Die stärksten inneren Gründe sind die Unterschiede des spezifischen Gewichtes, die großenteils auf Verschiedenheiten des Salzgehaltes und der Wärme zurückführen; auch die Eisbildung, die Niederschläge, die Einmündung der Flüsse und Quellen, in geringem Maße sogar der zersetzende Einfluß des organischen Lebens auf die Salze des Meerwassers tragen zu den Gewichtsunterschieden bei. Auch die Erdwärme muß sich beteiligen, wenngleich ihre Wirkungen noch nicht gemessen werden konnten. Alle diese Unterschiede streben nach Ausgleichung und rufen dadurch Bewegungen hervor. Von außen bringen der Luftdruck, die Winde, die Anziehung der Sonne und des Mondes Bewegungen an der Oberfläche des Meeres zu stande, die aber wesentlich umgestaltet werden durch die Formen der Umrisse und des Bodens der Meeresbecken. Endlich ist der Einfluß der Erdumdrehung zu beachten, der alle Bewegungen, die in irgend einem Striche südlich oder nördlich gerichtet sind, nach bekannten Gesetzen (s. Bd. I, S. 99) ablenkt. Neben den großen Austauschströmungen gehen zahllose Bewegungen an und unter der Meeresoberfläche vor sich: ein vorwaltender Wind führt Wasser von einer Stelle fort, und es strömt aus einem Nachbargebiete zu, wo es wieder ersetzt werden muß, oder es strömt aus einem Gebiete zu, wo Überfluß an Wasser herrscht.

Wir haben die Stauungen und örtlichen Erhebungen und Herabdrückungen des Meeresspiegels kennen gelernt (s. oben, S. 206). Hier nur noch ein Beispiel, wie sie unmittelbar strömungserregend wirken: im australasiatischen Mittelmeer staut sich das Meer im Nordwinter nach Westen, das durch den Nordostmonsun der Chinasee aufgehäufte Wasser strömt östlich ab, sodaß starke Oftströmungen in der Javasee entstehen; im Nordsommer steht dagegen die Javasee 25—30 cm höher und gibt Wasser an die Chinasee zum Ersatz ab.

Man kennt alle Ursachen, welche Strömungsbewegungen in den Meeren hervorrufen können; aber es kommt darauf an, jeder einzelnen ihren richtigen Platz anzuweisen und gleichzeitig zu erkennen, wie sie alle zusammenwirken. Es hat nichts genützt, daß man bald in der einen und bald in der anderen den Schlüssel suchte. Weder die Erdumdrehung, noch die Winde, noch die Dichteunterschiede allein konnten die Meeresströmungen erklären; jede Bewegung im Meere löst andere Bewegungen aus. Es ist vor allem wichtig, den so weit verbreiteten Schwereunterschieden ihren rechten Platz zu geben. Man hat sie überschätzt zu einer Zeit, wo Kapitän Owen in seiner Geographie der Malediven aussprach, der Atlantische Ozean sei eigentlich nur ein

größeres Mittelmeer, dessen Verdunstung von beiden Polen her Ersatz finden müsse; da aber nun im Norden die Enge der Kanäle nicht hinreiche und die Eisbildung Wasser verbrauche, so finde der Zufluß von Süden „aus der Quelle der gewaltigen Meerestiefen“ statt. Anderseits hat man die Schwereunterschiede des Wassers unterschätzt, solange man ihre Bedeutung für die Bewegung großer Wassermassen in der Tiefe nicht kannte. Eindrucksvoller als dieser stille Austausch schwerer und leichter Wassermassen, die sich in der Tiefe übereinander hinwälzen, sind ohne Frage die von stetigen, starken Winden getriebenen Strömungen an der Oberfläche; aber wenn die von Winden bewirkten Strömungen an der Meeresoberfläche aufhörten, würden immerhin die von Dichte- und Wärmeunterschieden bedingten Bewegungen in den Meerestiefen fortdauern. Und sicherlich ist die Ansicht von Zöppritz und Hann, der jetzige Bewegungszustand der Ozeane sei „ein Summationseffekt der Arbeit, welche die Winde seit unzähligen Jahrtausenden geleistet haben“, sehr einseitig. Denn ohne die großen Bewegungen unterhalb 500 m sind die eigentlichen Strömungen oberhalb dieser verhältnismäßig geringen Tiefe nicht denkbar. Wo anders kehrt das von den großen Strömungen beider Halbkugeln polwärts geführte Wasser zu seinem Ursprunge zurück als in der Tiefe? Die schwachen Polarströme genügen dazu offensichtlich nicht. Die bereits (s. oben, S. 215 f.) vorgeführten Beispiele von Dichteunterschieden im Meerwasser, die zu Übereinanderschichtungen führen, legen Beweis für Vertikalbewegungen ab, die schweres Wasser in die Tiefen führen, leichtes aufsteigen machen. Wärme- und Salzaustausch müssen in jeder warmen Strömung Aufwärtsbewegungen hervorbringen, da warmes salzreiches Wasser, durch Wärmeabgabe schwerer werdend, niedersinkt und ersetzt wird. Auch die Verdunstung wird in demselben Sinne wirken. Aus solchen Bewegungen werden Strömungen, wenn sie zu Niveauunterschieden Anlaß geben, und außerdem bewirken sie Ausgleichungen im vertikalen Sinn.

Es ist also sehr wichtig, den Einfluß der Schwereunterschiede des Meeres auf die Strömungen nicht zu vernachlässigen. Wo leichtes und schweres Meerwasser aneinandergrenzen, findet der Ausgleich in oft sehr deutlichen Strömungsbewegungen an der Oberfläche und entsprechenden Bewegungen in der Tiefe statt. Meeresteile von geringer Verschiedenheit der Temperatur und Dichte wirken aber wenig aufeinander, auch wenn sie breit nebeneinander liegen und weit zu einander geöffnet sind; je größer ihre physikalischen Unterschiede, desto lebhafter ist ihre Wechselwirkung.

Das Wasser des Mittelmeeres ist dichter und salzreicher als das des Atlantischen Meeres, und sein Spiegel liegt tiefer. Daher strömt leichteres Wasser sowohl aus dem Atlantischen als aus dem Schwarzen Meere ein. Unter dem atlantischen Wasser von 1,027 spezifischem Gewicht findet man in der Meerenge von Gibraltar (s. die Karte, S. 246) das mittelmeerische von 1,029. Die Geschwindigkeit des an der Oberfläche einströmenden Wassers erreicht 3,7—5,5 km in der Stunde, sie kann sich aber bei Ebbezeit auf 18,5 km erheben. So geht auch ein Strom salzarmen, bis auf 2,3 Prozent Salzgehalt herabsinkenden Wassers fast beständig aus den Dardanellen in das Ägäische Meer. Er scheint am stärksten um Mittag zu sein und ist von der „Pola“ bis 10 m Tiefe bestimmt worden. Die Gezeiten dürften in ihm mit wirksam sein. Auch im Bosporus geht ein Strom von stellenweise beträchtlicher Tiefe dem Ägäischen Meere zu; darunter aber ergießt sich in das Schwarze Meer ununterbrochen Wasser, das doppelt soviel Salz hat als das des Schwarzen Meeres und Organismen mitführt, die bald absterben und auf den Meeresboden sinken, wo sie mit einem feinen Kalkniederschlag bedeckt werden.

Jeder Fluß erzeugt eine Strömung, wo er ins Meer mündet. Man verfolgt das Strömen des Kongo über 150 Seemeilen von der Küste, und bis Helgoland findet man das Süßwasser der Elbe. Schwimmende Bäume und Rohrinseln, die der Kongo hinausführt, trifft man noch beim Kap Lopez. Diese Bewegung ist aber nicht bloß eine Wirkung des Gefälles, sondern es

spielt auch hier der Schwereunterschied hinein: das leichtere Wasser der Ströme wird über das schwerere Wasser des Meeres gleichsam hingeschichtet. Die wichtige Strömung an der Küste Nordasiens, wo Ströme von gewaltigen Zuflußgebieten und Wassermassen in Frage kommen, zeigt dies sehr schön. Dort erhöht das im Süden erwärmte Wasser der sibirischen Ströme den Wasserstand an der Küste, und da das Wasser nordwärts abfließen will und rechts abgelenkt wird, so entstehen die Strömungen in östlicher Richtung der Küste entlang. Für das Wasser, das sie wegführen, erfolgt Ersatz von unten her durch kälteres Wasser. So haben wir im südlichen Teil des sibirischen Eismeeres eine Strömung nach Osten, entgegen der im nördlichen Teil sich bewegenden Strömung nach Westen. Wrangels (1822) und Nordenskiölds (1878) Beobachtungen haben diese Bewegung bis Kap Tscheljuskin nachgewiesen. Die Wirkung der von den rasch sich erwärmenden Küsten auf das Wasser zurückgeworfenen strahlenden Wärme und der an denselben häufigen Quellen vereinigen sich auch noch weiter östlich mit dem Wasser der ausmündenden Ströme zur Bildung des sogenannten Landwassers, das oft schon im Frühsommer beträchtliche Breite erlangt.

Die Meerenge von Gibraltar. Nach der englischen Admiralitätskarte. Vgl. Text, S. 245.

Diese Übereinanderschichtung der Wassermassen nach ihrem meist von der Temperatur abhängigen spezifischen Gewicht nimmt großartige Dimensionen in der Tiefe der großen Meere an und läßt uns eine Reihe von zwar langsamen, aber höchst mächtigen Bewegungen **unter** den Meeresströmungen erkennen. Wenn wir in der Tiefe des Ozeans Wasser von einer Temperatur finden, die wenig den Gefrierpunkt überragt und noch unter der tiefsten Lufttemperatur der Gegend liegt, wo wir messen, so muß dieses Wasser kraft seiner Schwere aus kälteren Zonen hergeflossen sein. Daß es geflossen ist, zeigen Unterschiede der Temperatur diesseits und jenseits untermeerischer Bodenschwellen. Wenn die Bodentemperaturen nördlich des Rückens zwischen Island und Grönland negativ, südlich davon positiv sind, so ist das ein Zeichen, daß das Polarwasser nicht darüber hinaus kann.

Im Atlantischen Ozean schließt eine untermeerische Erhebung in durchschnittlich 550 m Tiefe das Nördliche Eismeer ab, während das Südliche breit zum Atlantischen Ozean geöffnet ist. Daher im allgemeinen ein mächtiges Vorschwellen antarktischen Tiefenwassers äquatorwärts und über den Äquator hinaus. Da aber die Westseite des Südatlantischen Ozeans dem Eindringen antarktischen Wassers mehr offen steht als die Ostseite, so finden wir auf der Westseite das Tiefenwasser der „kalten Rinne" von 0,4°, auf der Ostseite dagegen von 2,4° in Tiefen von mehr als 5000 m. Auch der Indische Ozean zeigt den Einfluß des kalten antarktischen Tiefenwassers, wiewohl die Beobachtungen dort noch wenig zahlreich sind; aber wir

kennen Bodenwasser von 1,2—0,9° im Roten Meer und in der Bai von Bengalen. Das sind Temperaturen, die unter 50° südl. Breite am Meeresboden wiederkehren. Im Stillen Ozean haben wir den Gegensatz der in tiefer Verbindung mit dem Südlichen Eismeer stehenden Teile südlich von Australien und der abgeschlossenen Becken in dem Inselmeer östlich davon. Dort einförmig niedrige, hier höhere, aber sehr verschiedene Temperaturen. Selbstverständlich vermögen die Tiefenströmungen die niedrigen Temperaturen der Eismeere immer nur in gemildertem Zustand an andere Stellen des Meeres zu versetzen, da der Transport unter einer Decke von warmem Wasser stattfindet, aus der ununterbrochen Wärme in die kälteren Wasser übergeht.

Der Wärmeverteilung an der Erde entsprechend, finden wir an der Oberfläche des Meeres allenthalben Wassermassen von verschiedener Wärme in Bewegung gegeneinander. In den größeren Meeren sind übereinstimmende Systeme von warmen und kalten Strömungen ausgebildet; aber es ist unmöglich, die Wärme und die Kälte als ihre nächsten Ursachen anzunehmen. Wenn es sich um einen „ozeanischen Kreislauf" zwischen den warmen und kalten Teilen der großen Meere handeln würde, müßten die kalten Strömungen, weil schwerer, sich in der Tiefe bewegen, ähnlich wie wir unter dem warmen Antipassat den kalten Passat nach Süden streichen sehen. Aber diese Strömungen bewegen sich neben- und gegeneinander auf derselben Oberfläche. Faßt man nun die Richtung dieser Ströme ins Auge, so findet man auch nicht, daß sie geradlinig auf Ausgleichung hinstreben, sondern daß sich nur in großen Bogen, auf weiten Umwegen, die warmen Strömungen den kalten Zonen nähern. Die Richtung dieser Umwege aber schreiben die Winde vor. Das ist ja eine alte Annahme der Seeleute, daß „der Wind die Strömung macht". Durch die Anstöße, welche die Winde der Meeresoberfläche erteilen, entsteht eine Beziehung zwischen Luftdruck und Meeresströmungen; aber keineswegs lassen uns die Beobachtungen des Barometers im Luftdruck allein die Kraft erkennen, die hinreicht, um Meeresströmungen zu bewirken. Die größte auf ihn zurückzuführende Niveaudifferenz des Meeres würde zwischen dem Wendekreis und dem Polarkreis doch nur 40 cm erreichen.

Die Übersicht der Meeresströmungen hat uns den Einfluß der Winde deutlich genug gezeigt. Er ist in manchen Einzelfällen zu greifen. Fortgesetzte Beobachtungen von dem deutschen Feuerschiff „Adlergrund" zwischen Rügen und Bornholm zeigen, daß dort 86 Prozent aller Strömungen mit dem Winde gingen; aber auch in den großen Dimensionen des äquatorialen Stillen Ozeans schwankt mit den jahreszeitlichen Windänderungen das Bild der Strömungen von Monat zu Monat. Bei einer Betrachtung der großen Züge der Strömungen auf den beiden Halbkugeln tritt ihre Ähnlichkeit mit den einander entsprechenden Windsystemen nicht minder deutlich hervor. Die Meeresströmungen des Atlantischen und Pacifischen Ozeans erscheinen uns da wie Experimente in verschieden großen Räumen, die dieselbe Erscheinung unter verschiedenen Raumbedingungen zeigen. Jedem Passat und jedem Monsun entspricht eine Strömung an der Meeresoberfläche. Müssen also nicht die Winde als die Verursacher der Meeresströmungen angesehen werden? Sicherlich, wenn wir nur aufhören, die Winde als vorübergehende Bewegungsanstöße anzusehen. An und für sich kann die Stoßkraft der Luft auf das 774mal schwerere Wasser nur gering sein. Die großen Strömungen fließen dauernd in denselben Richtungen, und diese Stetigkeit ist es, die man erklären muß. Durch den Kontakt der Meeresoberfläche mit der dauernd darüber hinstreichenden Luft entstehen Driftströmungen, welche durch die innere Reibung der Flüssigkeiten stetig in die Tiefe abwärts greifen und schließlich die ganze Wassermasse in gleichgerichtete, Hunderte von Metern in die Tiefe reichende Bewegung versetzen. Zu einem Eindringen stetiger Windanstöße in geringe Tiefe scheint kurze Zeit zu genügen; sie läßt uns das Ergebnis der Zöppritzschen Berechnung zweifelhaft erscheinen, daß 239 Jahre nötig

seien, um das Wasser in 100 m Tiefe die halbe Oberflächengeschwindigkeit erreichen zu lassen. Man vergleiche die Beobachtungen über die Tiefe, bis zu der Stürme hinabreichen, S. 262. Dagegen ist sicher, daß die tieferen Schichten mit der Zeit die Bewegung in der Richtung der vorherrschenden Winde annehmen und auch dann festhalten werden, wenn entgegengesetzte Anstöße die Richtung der Strömungen an der Oberfläche verändern. Der Wind ruft also nicht bloß die Meeresströmungen hervor, er verändert sie auch oberflächlich, indem er sie auf Meilen abtreibt, wobei große, andauernde Änderungen seiner Richtung mit in Wirkung kommen (s. oben, S. 231).

Treffen Meeresströme auf Land, das sie an der Verfolgung ihres Weges hindert, so fließen sie so nahe vor demselben entlang, wie der Küstenabfall und ihre eigene Tiefe gestatten; treffen sie auf Landvorsprünge, so teilen sie sich. In Buchten müssen Aufstauungen stattfinden, und bei günstiger Gestalt und Lage drängt dann die Strömung mit vermehrter Kraft heraus, wie im Karibenmeer, „wo die Energiequelle des Golfstroms wie mit Händen greifbar erscheint" (Krümmel). Treffen Strömungen aus verschiedenen Richtungen aufeinander, so greifen sie ineinander über, so daß man oft schon an dem Farbenwechsel des Meerwassers das Nebeneinanderliegen von Wasser verschiedener Herkunft erkennen kann. Mit der Zeit sinkt aber das schwerere Wasser unter das leichtere, wie in unzähligen Fällen das Schicksal der Nordausläufer des Golfstromes zeigt, wobei sie ihre Bewegung noch einige Zeit behalten. Daß große Strömungen auch an der Oberfläche geraume Zeit gegen den Wind laufen können, erklärt sich daraus, daß sie nicht nur Tiefe, sondern meist auch sehr beträchtliche Breite haben, die selbst ein eindringender Passat nicht so rasch in ihrer Gesamtheit beherrschen wird.

Die Meeresströmungen als Ausgleichungsmechanismus.

Blicken wir auf die Entstehung des heutigen Bildes der Meeresströmungen zurück, so sehen wir zuerst ein Zusammenfügen der zerstreuten Beobachtungen. In der Zeit der kombinierenden oder vergleichenden Geographie kommt man von der Auffassung der großen Bewegungen des Meeres als stückweise auftretender zurück; man läßt die Wässer sich in einem System mächtiger, wenn auch langsamer Bewegungen bis in die letzten Buchten der Meere beider Hemisphären austauschen. Große Linien trägerer und beschleunigter Bewegung binden die vereinzelten Wirbel und Stromstücke früherer Ozeanographen zusammen. Eine Karte der Meeresströmungen, wie Heinrich Berghaus sie nach den Ideen A. von Humboldts zeichnete, war also nicht mehr ein Bild großer „Flüsse im Meer", sondern ein Symbol allgemeiner Bewegungen alles zusammenhängenden Flüssigen, soweit sie an der Oberfläche der Meere sichtbar zur Erscheinung kommen. Seit 1875 trat die Erkenntnis der großen Tiefenbewegungen hinzu, die zeigte, daß man in den Oberflächenbewegungen des Meeres nur einen Teil, und nicht den wesentlichsten, der Strömungsbewegungen des Meeres überhaupt habe. Das gab besonders für die Erklärung der Entstehung und Wirkung der Meeresströmungen neue Gesichtspunkte. Ihre Wechselwirkungen erweiterten sich. Es hatte nun durchaus nichts Befremdendes mehr, anzunehmen, daß dasselbe Tröpfchen Wasser vom Kap der Guten Hoffnung durch den Guineabusen quer über den Atlantischen Ozean in das Antillenmeer, den Golf von Mexiko, wieder zurück über den Atlantischen Ozean und nach Spitzbergen gelange; denn daß die Meeresströmungen nicht fortschreitende Bewegungen, sondern fortschreitende Massen sind, lehrten ja die verfeinerten Temperaturmessungen und die Bestimmungen des Salz- und Gasgehaltes des Meerwassers. In der langsamen, aber beständigen Bewegung der Meeresströmungen, die ungeheure Wassermengen über weite Gebiete in Bewegung setzt, die sich nur an einigen Stellen in der Nähe des Landes

oder enger Meeresstraßen fühlbar machen, während sie auf offener See, wiewohl ununterbrochen fortschreitend, nur zufällig beobachtet werden und in der Tiefe der unmittelbaren Wahrnehmung überhaupt entzogen sind, ist ein gewaltiger Ausgleichungsmechanismus gegeben. Man nimmt an, daß die Yukatanstraße in 24 Stunden von 2700 cbm Wasser durchflossen werde. Das bedeutet eine um drei Fünftel größere Wasserzufuhr in den Golf von Mexiko, als sämtliche Süßwasserzuflüsse bringen. Pillsbury schätzt, daß die Höhe des Golfes von Mexiko in einem Tag um 1,75 m gehoben würde, wenn diese ganze Masse in ihm sich aufhäufte, statt daß etwa zwei Dritteile davon durch den Golfstrom abgeführt werden, während der Rest verdunstet oder als Unterstrom in das Karibische Meer zurückfließt.

Der Wärmetransport durch die warmen Strömungen ist zunächst ganz im Großen in der Wärmeverteilung an die verschiedenen Seiten der Meeresbecken zu erkennen. Der Westrand des Nordatlantischen Ozeans ist überall in gleichen Breiten viel kälter als der Ostrand; von dort fließt das warme Wasser ab, nach hier kommt es geflossen. Genau so liegen die Verhältnisse im nördlichen und äquatorialen Stillen Ozean: kühle West- und warme Osthälfte. Hier erreicht der Unterschied in der Breite des Archipels von Hawaï 5°, und im äquatorialen Stillen Ozean wiederholt sich das kühle Küstenwasser der Westküste von Afrika an der Westküste Südamerikas. Im Bette des äquatorialen Gegenstroms steigert sich der Wärmeunterschied auf 8° zwischen den Galapagos und dem Bismarckarchipel. Im Südatlantischen Ozean entsprechen die Verhältnisse vor der Magalhãesstraße denen vor der St. Lorenzbucht im Nordatlantischen Ozean. Doch genügt es, auf das über die Wärmeverteilung in den Meeren Gesagte hinzuweisen, woraus sich der Einfluß der Meeresströmungen als Wärmeträger auch in kleineren Fällen ergibt. Nur daran muß man noch denken, daß die Meeresströmungen ja nicht bloß flüssiges Wasser transportieren. Ihre Eisführung bedeutet ebenfalls ein großes Stück Temperaturausgleichung. Die arktischen Eisströmungen bieten das einzige Mittel zur Wegschaffung der immer neu sich erzeugenden Eismassen aus dem Eismeerbecken, an deren Stelle wärmeres Wasser aus niederen Breiten tritt. Ihre Leistung ist sicherlich gewaltig. Zu einer Zeit, wo man von der großen nordsibirischen Drift noch nichts wußte, schätzte Börgen, daß jährlich eine Fläche Eis von 2,25 Millionen Quadratkilometer durch die Meeresströmungen aus dem Eismeere herausgeführt werde, wobei er eine mittlere Geschwindigkeit der Eisdriften von 4 Seemeilen im Tag annahm. Dorst nahm aber an, daß allein zwischen Grönland und Island jährlich 3 Millionen Quadratkilometer Eis äquatorwärts treiben.

Es gibt andere klimatische Wirkungen der Meeresströmungen, die nicht so an der Oberfläche liegen, aber weit reichen und tief greifen. Ihr Werkzeug ist der Luftdruck. Über dem warmen Wasser wird die Luft leichter, so daß Zufluß von anderen Seiten stattfindet und vorwaltende Winde nach den Stellen hinwehen, wo in Strömungen warmes Wasser sich ergießt. Wenn der Golfstrom dem Nordatlantischen Ozean im Vorwinter mehr Wärme als gewöhnlich zuführt, vertiefen sich die Luftdruckminima über der warmen Meeresfläche und bedingen heftigere und beständigere Südwestwinde, die Nord- und Mitteleuropa einen warmen Winter bringen. So bewegen sich die Bahnen der Luftdruckminima mit den Temperaturmaxima der Meeresoberfläche, die Meeresströmungen ziehen die Atmosphäre sozusagen in ihre Bewegungen mit hinein. Die Wärmewirkungen der Meeresströmungen reichen weit über ihre nachweislichen Bewegungen hinaus und die chemischen Wirkungen noch über die thermischen. Beide umgeben das eigentlich strömende Wasser wie ein Hof, ein beweglicher Saum, in dem Wärme- und Schwereunterschiede Bewegungen zweiten und dritten Grades und so fort anregen und fortpflanzen.

Transport durch Meeresströmungen.

Wir haben, S. 230, den Antrieb der Meeresströmungen auf fremden Küsten als Herkunftszeugnisse dieser bewegten Wassermassen kennen gelernt. Dazu gehören nicht bloß Treibholz und Sämereien aller Art; auch menschliche Werke und den Menschen selbst tragen die Meeresströme von einem Rande des Meeres zum anderen. Sie haben ihren Anteil an den Verschlagungen, die eine Rolle in der Besiedelungsgeschichte ozeanischer Inseln spielen. Wenn wir die Ausgangs- und Zielpunkte solcher Verschlagungen verbinden, erhalten wir Linien, die sehr oft mit den Richtungen bekannter Meeresströmungen zusammenfallen.

Die Verschlagungen japanischer Schiffe nach Kamtschatka, Alaska, Vancouver, den Bonin- und Hawaiischen Inseln liegen in den Bahnen des Kuroschiwo. Die Äquatorialströme des Stillen Ozeans erleichtern die Verschlagungen von den Karolinen und den Palau-Inseln, erschweren aber die Reise in umgekehrter Richtung. Die Schwierigkeit der Reisen von den Philippinen nach den Karolinen zeigt am besten die große Zahl mißlungener Versuche spanischer Missionare, diesen Weg einzuschlagen. Die Jahre 1707, 1708, 1710, 1711 und 1729 sahen derartige Versuche, und erst 1731 gelang es einer neuen Mission, sich festzusetzen. Spanische Schriftsteller führen das als einen Grund des geringen Einflusses an, der von den Philippinen aus auf die Inseln östlich davon geübt wurde. Auch nach Celebes sind von den östlicheren Inseln Menschen getrieben worden. Die polynesischen Kolonien, die von Osten her in das ganze melanesische Wohngebiet, von Fidschi bis Neuguinea, eingedrungen sind, führen zum Teil nach ihren eigenen Überlieferungen auf unfreiwillige Wanderungen zurück. So sind die Marschallinseln mit den Gilbertinseln verbunden. Jene von Menschenhand bearbeiteten Stäbe, die den Bewohnern der Azoren vor Kolumbus für Boten aus einer westlichen Welt galten, hat der Golfstrom getragen, der beständig andere amerikanische Erzeugnisse bis Spitzbergen und Nordostland fortschwemmt. Diese Wirkung der Strömungen erfahren übrigens die Schiffer jeden Tag, wenn sie durch Wasserbewegungen, die sie nicht bemerken, aus ihrem Kurs „abgetrieben" werden.

Die Schiffahrt der Alten hat die Strömungen des Mittelmeeres wohl gekannt und genützt. Ägypten und Cypern waren dadurch verbunden. Die Griechen fuhren mit den sommerlichen „Etesien" von nördlichen Häfen südwärts. Die Sage von Scylla und Charybdis zeigt uns ebenso wie die scharfsinnigen Betrachtungen des Aristoteles, wie genau sie auch auf örtliche Strömungen achteten. Des Kolumbus erste Fahrt erleichterte die Drift der vom Passat westwärts getriebenen Wellen, und bis auf den heutigen Tag benutzt der Verkehr im Nordatlantischen Meere die nordwärts gerichtete Bewegung des Golfstroms oder vermeidet sie, bei der Fahrt nach Westen, durch einen wegen der Nähe der eisbergführenden Polarströme nicht ungefährlichen nördlichen Umweg. Segelschiffe, die von südeuropäischen Häfen mit dem Passat nach den Antillen gehen, finden eine Schwierigkeit darin, den Golfstrom zu „durchstechen".

Es ist die Frage bei *inselbewohnenden Pflanzen und Tieren* immer berechtigt, wie weit Strömungen hemmend oder fördernd auf ihre Verbreitung eingewirkt haben. Gerade dort z. B., wo Celebes die stärkste Mischung australischer und südostasiatischer Formen zeigt, finden wir eine Meeresströmung, die entschieden nach Westen geht, die also australische Lebewesen hierher tragen konnte. Und die Inseln Bali und Lombok, die als die Vorposten der indischen und australischen Säugetier- und Vogelverbreitung einander gegenüberliegen, sind auch durch eine starke Strömung voneinander getrennt.

Das *Treibholz* (s. die Abbildung, S. 251) bietet die deutlichsten Hinweise auf Transport durch Meeresströmungen. Meeresströmungen, die man vor der Erforschung des Eismeeres zwischen Sibirien und Ostgrönland noch gar nicht kannte, hat man aus der Verbreitung sibirischer Hölzer an Grönlands Küsten erschlossen. Diese Hölzer haben die Meeresgrenze des nördlichen Grönland und damit dessen Inselnatur wahrscheinlich gemacht, ehe man sie kannte. Die

Anschwemmungen an den Küsten Norwegens gehörten zu den frühesten Zeugnissen der nordatlantischen Westströmung. Die Lofoten als vorgelagerte Inseln und die Küste von Tromsö erhalten am meisten davon. Unter den Hölzern ist die kanadische Lärche am stärksten vertreten, in bis zu 10 m langen Stämmen, dann die Weimutskiefer und andere. Unter den Samen kommen auch die Kokosnuß und der Flaschenkürbis, die lange bekannte Entada scandens. Guilandina, kurz tropische Samen vor. Das Treibholz ist in Abnahme begriffen, entsprechend dem Rückgange der Wälder, die es einst in Masse lieferten.

Treibholz in Spitzbergen. Nach Photographie von Wilh. Meyer, Berlin. Vgl. Text, S. 250.

Die anderen Treibgegenstände kreuzen nach wie vor die Ozeane. Von Küstenklippen losgerissene Seetangzweige sammeln sich an der Innenseite der Strömungssysteme in den sogenannten Sargassomeeren (s. Karte, S. 238). Am Treibholz und an Schiffskielen haftend, machen alle Cirripedien, Ascidien, Röhrenwürmer, Bohr- und Byssusmuscheln, polypoide Medusengenerationen und Bryozoen ozeanische Reisen. Der bekannte Fisch Echeneis Remora ist mit einer besonderen Saugscheibe am Kopf ausgerüstet, um sich festhalten zu können, daher „Schiffshalter“. Die Südäquatorialströmung des Indischen Ozeans mit ihrer Fortsetzung, der Maskarenenströmung, brachte 1886 und 1887 nach Port Elizabeth große Bimssteinmassen, die möglicherweise noch von dem Krakatoa-Ausbruch herrührten. Mit ihnen kamen verschiedene Lebewesen des Malayischen Archipels (Pelamys bicolor, eine giftige Wasserschlange, mehrere große Rochen, zahlreiche Belonen) an. Die angeschwemmte Frucht einer Myrtacee entwickelte sich eingepflanzt als Barringtonia speciosa. Thatsächlich schwammen nach der Explosion des Krakatoa in der Nähe des Schauplatzes gewaltige Mengen Bimsstein auf dem Indischen Ozean, unter denen man auch entwurzelte Uferbäume mit darauf sitzenden Landtieren, selbst Reptilien fand.

Solche Dinge hat man auch in anderen Meeren gesehen, und es wäre eine schöne Aufgabe, einmal wichtigere Angaben der Schiffstagebücher darüber zusammenzustellen. Nur ein Beispiel: Im Sommer 1892 wurde öfters eine schwimmende Insel, ein durch die Wurzeln von Bäumen zusammengehaltenes Stück Land, von etwa 1000 qkm beobachtet. Man verfolgte sie von 39,5 bis 45,5° nördl. Breite und von 65 bis 43° westl. Länge, also auf der Höhe der Azoren und auf dem Wege des Golfstroms. Dabei erinnert man sich an die eigentümliche Thatsache, daß alle Beuteltiere, die über die Grenzen des kontinentalen australischen Verbreitungsgebietes hinausgehen, kletternde Baumbewohner sind, die auf schwimmenden Baumstämmen sich verbreiten konnten. Auf diese Weise mögen wohl auch die so fest am Lande haftenden Landschnecken Meeresarme kreuzen. Semper meldet ja, daß unter den auffallend zahlreichen Landschnecken der Philippinen gerade die mit Deckel versehenen und in Erd- oder Baumritzen lebenden die verbreitetsten sind.

An den Küsten trägt der aus tausend auflandigen Wellen sich zusammensetzende Küstenstrom (vgl. Bd. I, S. 394) Tiere und ihre Keime auf weite Strecken. Zufällig wird einmal eine solche Wanderung genauer kontrolliert, wie die der Littorina littorea, die an der atlantischen Küste Nordamerikas langsam ihren Weg nach Norden macht, wie man zuerst 1869 beobachtete. Seitdem ist sie bis in den Long Island-Sund bei New York vorgedrungen. Nach verschiedenen Richtungen wandert an der pacifischen Küste Nordamerikas Mya arenaria, die wahrscheinlich mit Austern dahingebracht worden ist. Dieselbe Bewegung erreicht auch landnahe Inseln. Sie ist wahrscheinlich nicht ganz unbeteiligt an der sehr eigentümlichen Verbreitung einer Anzahl von Pflanzenformen an den Küsten des Biscayischen Meerbusens von Asturien bis zur Bretagne und bis hinüber nach Irland.

Die Verbreitung durch Meeresströmungen zeigen in ganz hervorragender Weise die Mangroven und andere Bürger jener tropischen Strandwälder, die wir Mangrovedickichte nennen (s. die beigeheftete Tafel „Mangrovenwald in Vorderindien"). Ihre geographische Verbreitung offenbart eine nahe Verwandtschaft in einem und demselben Meere. Die indischen Formen sind noch sehr häufig an den Seychellen und in Madagaskar, beträchtlich verarmt dagegen in Ostafrika. In Westafrika kommen nur noch zwei Arten davon vor, dafür sind aber hier die westindischen Verwandtschaften überwiegend. Die in Ostafrika vorkommenden indischen Arten haben alle schwimmfähige, dem Meerwasser Widerstand leistende Früchte. Viele Pflanzensamen verlieren ja ihre Keimkraft im Seewasser bald, aber nach Von Martens Untersuchungen behielten von 98 verschiedenen Samen 18 ihre Keimkraft nach 42tägigem Verweilen im Seewasser.

Für den Transport durch Meeresströmungen spricht auch bei den Tieren die Übereinstimmung mancher Verbreitungsgebiete mit dem Gebiete, das eine Meeresströmung bespült. Wenn die Seehundgattung Pelagius, die man früher an das Mittelmeer gebunden glaubte, an den Küsten der Kanarien und Madeiras vorkommt, oder die Ohrenseehunde (Otaria) im Stillen Ozean aus dem antarktischen Gebiete nordwärts an den von kalten Strömungen bespülten Gestaden verbreitet sind, wobei die Otarien der Galapagos einer anderen Gattung angehören als die kalifornischen, so sieht man die Wirkung der kalten Strömungen des östlichen Stillen Ozeans, durchkreuzt von der des warmen Panamastroms. Die Verbreitung der Pinguine zeigt sogar die Wirkung der südwestlich-nordöstlichen Richtung der antarktischen Meeresströmungen. Vom kalten Wasser begünstigt, ist eine Spheniscus-Art, deren Verwandte auf Chiloe, Feuerland, an den Falklandsinseln und vor dem Kap der Guten Hoffnung hausen, bis zu den Galapagos-Inseln vorgedrungen.

Mangrovenwald in Vorderindien.

Nach Originalzeichnung von E. v. Ransonnet.

Die biogeographischen Wirkungen des treibenden Eises übertreffen die jedes anderen natürlichen Transportmittels vermöge der Tragfähigkeit, des Zusammenhanges, der Verbreitung und der Beweglichkeit, die dem Eise eigen sind. Im Nördlichen Eismeere kommt noch die Umlagerung des Meeres mit großen Ländern und die Durchsetzung mit Inseln begünstigend hinzu. Wir haben von den lehrreichen, zum Teil geradezu auf ungewollte Entdeckungen führenden Eisdriften der Polarfahrer gesprochen (vgl. oben, S. 242); Franz Josefs-Land wurde so vom „Tegetthoff", nördliche und östliche Inseln der neusibirischen Gruppe von der „Jeannette" entdeckt. Der Eisbär und der Eisfuchs tragen schon in ihrem Namen die Hindeutung auf Befreundung mit dem Eise, und in der That sind sie so häufige Gäste auch auf dem treibenden Eise, daß an ihrem Transport auf Treibeis von einem Lande zum anderen und zu Inseln nicht zu zweifeln ist. Wenn die österreichische Expedition den Eisbär erst im Winter auf Jan Mayen erscheinen sah, so ist das eben ein Beweis, daß er mit dem Eise reist. Er erscheint mit dem Eise auch auf der Bäreninsel, auf Island, Neufundland, Wrangelland und wurde früher im nördlichen Norwegen gesehen. Parry hat den Eisbären im Meere nördlich von Spitzbergen bis 82,5° nördl. Breite gefunden. Von dem Eisfuchs wird die Geschicklichkeit gerühmt, womit er von Eisscholle zu Eisscholle springt. Gewisse Holme und Inseln, auf denen er haust, kann er nur auf dem Eise erreicht haben. Auch der Wolf wird auf dem Treibeise gesehen, und Heuglin glaubte, daß das Renntier und der Halsbandlemming nach Spitzbergen auf dem Eis angetrieben seien. Für das Renntier muß indessen diese Eiswanderung abgelehnt werden, denn es gehört zu den alten Bewohnern einer nordatlantischen Landbrücke.

B. Die Gezeiten[1] und die Wellen.

Inhalt: Die Gezeiten. — Die Gezeitenströme. — Die Entstehung der Gezeiten. — Die Bedeutung der Gezeiten. — Die Meereswellen.

Die Gezeiten.

Von einem vorgeschobenen Punkte der Nordseeküste auf das offene Meer hinausschauend, sehen wir zu gewissen Stunden des Tages weite Räume trocken liegen, die vorher mit Wasser gefüllt waren. In einigen Pfützen nur sind Reste des Meeres stehen geblieben, es regt sich noch Tierleben darin, sie können nur einige Stunden alt sein. Ja, vielleicht sehen wir sogar noch die letzten Bächlein des ebbenden Wassers zum Meere hinausrinnen. Dieser Zustand dauert nicht lange. Bald sehen wir das Wasser wieder eintreten, in der ersten Stunde unmerklich, als quelle es tropfenweise aus dem Boden empor, dann rascher, endlich strömend, wobei in der 5. und 6. Stunde das Anwachsen langsamer vorschreitet, bis mit dem Ende der 6. Stunde der Höchststand erreicht ist. Nun sinkt das Wasser erst langsam, passiert mit größter Geschwindigkeit den Mittelstand in der 9. Stunde und kommt nach etwas weniger als 12 Stunden wieder beim Tiefstand an. Wir sehen also zweimal täglich den Wasserstand an dieser Küste an- und abschwellen. Es liegt darin ein Anreiz zu tieferer Beobachtung der merkwürdigen Erscheinung, die in ihrem rhythmischen Fluten und Ebben etwas geheimnisvoll Fesselndes hat. Verfolgt man das Steigen und Fallen einige Zeit, so sieht man wiederkehrende Unregelmäßigkeiten in der

[1] Das Wort Gezeiten kommt als getide schon in alten Werken des 16. Jahrhunderts (1582) als eine Bezeichnung für die Gesamtbewegung der Ebbe und Flut vor.

Eintrittszeit und der Höhe der verschiedenen Wasserstände. Alle 14 Tage beobachtet man einen größten Betrag, ein Maximum des Höchst- wie des Tiefstandes, und dazwischen je einen kleinsten Betrag, ein Minimum. Ersteres nennt man Springzeit, letzteres Taube Gezeit. Bei Helgoland liegt die Springflut, die 2,8 m erreicht, um einen vollen Meter über der Tauben Flut, die 1,8 m beträgt. Auch liegt die Dauer eines Gezeitenwechsels nicht immer genau in denselben 12 Stunden, sondern verspätet sich von einem Tag zum anderen um durchschnittlich 40 Minuten, so daß auf das erste Hochwasser in ungefähr 6 Stunden 15 Minuten das erste Niederwasser und auf dieses das zweite Hochwasser wieder nach derselben Zeit folgt. Das sind die periodischen Änderungen der Gezeiten, die den Gedanken des Zusammenhanges mit dem Monde schon frühe nahegelegt haben. Die Dauer des Gezeitenwechsels entspricht genau einem halben Mondtag, ebenso wie die Zeit zwischen zwei Springfluten der halben Umlaufszeit des Mondes um die Erde entspricht. Die Beobachtung zeigt, daß die Springzeiten dem Vollmond und Neumond immer bald nachfolgen, also kurz nach der Zeit eintreffen, wo Mond und Sonne gleichzeitig den Meridian passieren. Die Hafenzeit (establishment der Engländer) bezeichnet diejenige Zeit, um welche bei Vollmond oder Neumond das Hochwasser dem Meridiandurchgang des Mondes folgt. Nicht ganz genau dieselbe ist indessen die Zeitdifferenz zwischen Meridiandurchgang des Mondes und Hochwasser. Den Zusammenhang hatten die Alten schon erkannt, jedoch bei der Beschränktheit ihrer Erfahrung auf das mit kleinen, aber an manchen Orten sehr regelmäßigen Gezeiten ausgestattete Mittelmeer überschätzt. Wir wissen jetzt, daß das Zusammenfallen der Springfluten mit Voll- oder Neumond die Ausnahme ist. Der Golf von Neapel ist eine von den seltenen Stellen, wo diese Übereinstimmung stattfindet. Es gibt dagegen viele Orte, wo die Springfluten ½—2½ Tage nach den Syzygien eintreten, ja, in Toulon erscheinen sie sogar 4¾ Stunden vorher. In Buchten, Flußmündungen und engen Meeresstraßen treten die höchsten und mannigfaltigsten Gezeiten auf. Mit einer Geschwindigkeit, die von der Tiefe, Breite und von den Begrenzungsformen des Kanales abhängt, schreiten sie aufwärts; der Vergleich mit dem Fluteintritt an glatt verlaufenden Küsten zeigt, daß sie dabei immer eine Verzögerung erleiden. Bei starker Verengung des Kanales schwillt die Flut zu gewaltiger Höhe an. Es sind, wo im Inneren der 25 km langen und 60 km breiten Fundybai der Codiak River ausmündet, 21 m, in Buchten Ostpatagoniens in der Nähe der Magalhãesstraße 18 und 20 m gemessen worden, im Inneren der Bristolbai bei Chepstow gegen 15, im Hafen von Saint Michel an der Nordküste der Bretagne 12—15 m. Diese Zahlen bezeichnen die absolut höchsten Fluten, die registriert sind. Für die Springzeit gibt Börgen für Chepstow immerhin noch 11,6 m an. In den Büchern findet man eine auf den jüngeren Herschel zurückführende Angabe, daß in der Fundybai die Fluthöhe 36 m erreiche; dieselbe ist aber nicht bestätigt.

Die Verbreitung der Gezeiten ist durchaus nicht so einfach, wie unsere allgemeine Darstellung glauben lassen möchte, die nur die Grundzüge der Erscheinung zeichnet. Sie sind nicht bloß in jedem Meere verschieden, sondern schwanken auch von einem Meeresteile zum anderen; man kann sagen: jeder Meeresteil, jeder Küstenstrich hat seine Gezeiten. Einst hatte man das größte Meer der Erde, den Stillen Ozean, als das Muttermeer der Gezeiten angenommen, aus dem sie durch den Indischen in den Atlantischen Ozean hinauswandern sollten. Nun wissen wir, daß selbst der kleine Michigansee Gezeiten von 0,07 m in Chicago, 0,03 m in Milwaukee hat. Gerade dort, wo die größten Meere der Erde am freiesten der Anziehung des Mondes und der Sonne folgen können, fern von allen Festlandschranken, finden wir nur kleine Flutgrößen: Tahiti 40, Ascension 60, Hawaï 80, Südgeorgien 80, Sankt Helena 90 cm. Aber in

denselben Meeren kommen in ähnlichen Lagen an Inseln auch höhere Fluten vor: an den Markesas-, Samoa-, Tonga-, Gilbertinseln 1,2—2, Azoren 1,2, Madeira 2,1 m. Wenn nun auch in halbgeschlossenen Meeren die Fluthöhen klein sind (Golf von Neapel 34, Toulon 14, Kiel 7, Memel kaum 1 cm), so kann man doch nicht zwischen der Größe der Meere und der Fluthöhe eine gerade Beziehung finden. Wenn bei Panama die Flut eine Höhe von 7 m, gegenüber bei Colon nur von 0,5 m erreicht, so müssen andere Ursachen im Spiel sein.

Es ist also in keinem Meere nur eine übertragene Flut, sondern immer ist auch eine eigene Flut da, zu der sich die von außen hinzuströmende gesellt, sie verstärkend oder vermindernd. So sind in einem halbgeschlossenen Meer, wie der Ostsee, zwei Gezeiten zu unterscheiden, die selbständige, die diesem Becken angehört, und die Wanderflut, die stromartig aus der Nordsee durch die Belte hereintritt, aber auf ihrem Wege viel von ihrer Größe verliert; der Flutwechsel ist in der östlichen Ostsee kaum mehr merklich, und die Höhe der Ostseegezeiten ist höchstens 1/40 der mittleren Höhe der Nordseeflut, die bei Kuxhaven zu 2,8 m gemessen ist. Das Mittelmeer hat fast nur seine eigenen Gezeiten, da durch die Gibraltarstraße nur unbedeutende Gezeitenströme gehen. Die Flutgröße nimmt an der Ostküste Italiens nach Norden von 9 auf 48 cm zu. Sie beträgt an den sizilianischen Küsten 2—13 cm, im nördlichen Sardinien 12, bei Genua 24, an den Liparischen Inseln 30, bei Venedig 48 cm. An der französischen Mittelmeerküste erreichen die Fluten 30—75 cm Höhe.

Die tägliche Ungleichheit, der Unterschied der Größe der Hochwasser eines Tages, kann hohe Beträge erreichen, ja sie kann so groß werden, daß praktisch nur noch eine Flut in 24 Stunden eintritt, weil die zweite verschwindet. In der Straße von Florida ist das erste Hochwasser doppelt so groß wie das zweite, und an den Mississippimündungen ist das zweite überhaupt fast nicht mehr zu erkennen. So kommen die „Eintagsfluten" zu stande, die wir auch im Golf von Tongking, in der Javasee und in vielen anderen Teilen des australasiatischen Mittelmeeres finden. Eine anscheinend entgegengesetzte Abweichung, die aber im Grunde verwandt ist, bieten die drei in 12 Stunden eintretenden Fluten an manchen Teilen der englischen Küste, z. B. in der Taymündung, bei Southampton, auf der Reede von Cowes, von denen die eine wenig ausgebildet ist und die beiden anderen nur durch ein schwaches Niederwasser voneinander getrennt sind. In Havre und in Helder fehlt die erste Flut, und die beiden anderen fließen fast ineinander, so daß zum Vorteil der Schiffahrt ein langdauerndes Hochwasser entsteht. Auch die Zeit des Eintrittes der täglichen Ungleichheit schwankt beträchtlich. Sie sollte am größten sein bei der größten nördlichen und südlichen Deklination des Mondes oder der Sonne, aber meist erreicht sie ihr größtes Maß nur mit mehrtägiger Verspätung; es fehlt indessen auch nicht an Orten, wo sie eine ganze Reihe von Stunden vorher auftritt.

Die Hafenzeit, d. h. der Zeitraum zwischen der Kulmination des Mondes bei Vollmond und Neumond und dem Eintritt des Hochwassers, zeigt ebenfalls große Unterschiede, die so weit gehen, daß an manchen Punkten die Mondflut überhaupt nicht für sich zur Ausbildung kommt, sondern unter der Sonnenflut sozusagen verschwindet. Schon lange weiß man, daß in den Gewässern von Tahiti die Sonnenflut Alleinherrscherin ist, so daß jeden Tag das Hochwasser um dieselbe Zeit eintritt. Die gleiche Erscheinung beobachtet man vereinzelt in der Javasee, und selbst an einem Orte an der Ostküste Irlands, Courtown. Umgekehrt kommt die Mondflut viel stärker zur Erscheinung als die Sonnenflut in der Floridastraße und zwar mit sechsfacher Stärke. In Mauritus und Ceylon sind beide fast gleich, und das normale Verhältnis, daß die Sonnenflut 0,44 der Mondflut beträgt, wird nur an wenigen Orten erreicht, wie z. B.

in San Diego, Kalifornien. Auch diese Abweichungen können in engen Gebieten nebeneinanderliegen. So ist im Mittelmeer die Sonnenflut kleiner, als sie sein sollte, in Marseille, größer in Toulon und noch größer in Malta.

Die Gezeitenströme.

Der Flutwelle als fortschreitender Welle muß eine Reihe von Eigenschaften der Meeresströmungen zukommen. Die Beobachtung zeigt uns in der That Gezeiten, die nicht anders denn als Ströme im Meere auftreten; besonders ist das der Fall in der Nähe der Küsten und in seichten Meeren. Daher spielen Gezeitenströmungen eine große Rolle in der Nordsee, an der Küste Nordostamerikas, in den westlichen seichten Teilen der Sundasee, überhaupt in Inselmeeren, und sind als Werkzeuge der Umbildung der Küsten wichtig. An solchen Küsten geht die Flut senkrecht auf die Küstenlinie dem Lande zu, während sie im tiefen Meer parallel der Küste entlang läuft. Wir beobachten hier dieselbe Abnahme der Stärke des Flutstromes auf dem hohen Meer, wie der Höhe der Gezeiten überhaupt. Auf dem hohen Meer sind die Gezeitenströme kaum merklich, während sie an flachen Küsten ihre Geschwindigkeit auf mehrere Seemeilen in der Stunde, in schmalen Kanälen und Flußmündungen bis auf 6—8 Seemeilen steigern.

Ein Reihe von Unregelmäßigkeiten im Verlaufe der Gezeiten entsteht durch die Begegnung von Gezeitenströmen, die einander verstärken oder schwächen oder sogar vervielfältigen. Der Ärmelkanal, der Irische Kanal und die Nordsee sind Beispiele von Meeresteilen, wo die Flut von verschiedenen Seiten her Zutritt hat. Deswegen liegen hier Gebiete, wo Stromstille herrscht, hart neben solchen, die gleichzeitig einen starken Gezeitenstrom haben. Es gibt langgestreckte Küsten, wo alle Häfen zu gleicher Zeit Hochwasser haben, wie die Ostküste Australiens in der Erstreckung von 13 Breitengraden. Ähnliches finden wir an der atlantischen Küste der Vereinigten Staaten. Man braucht dabei nicht eine einzige, gegen die Küste in langer Linie herankommende Welle anzunehmen, sondern das Zusammentreffen einer auf der Westseite des Atlantischen Ozeans von Westindien nordwärts fortschreitenden mit einer von der Ostseite über Island gegen Neufundland gehenden. Längs der Ostküste von Neuseeland wachsen die Hafenzeiten von Süden nach Norden, während sie längs der Westküste von Norden nach Süden zunehmen.

In allen Meeresstraßen, wo starke Gezeitenströme fließen, entstehen beim Aufeinandertreffen von Strom und Rückstrom Wirbel und Wellen: „Stromkabbelungen". In der Balistraße, der Straße von Madura (s. das Kärtchen, S. 257) und ähnlichen Durchfahrten des Malayischen Archipels gibt es Stellen, wo große Segelschiffe kaum mehr dem Ruder gehorchen und man viel mehr Recht hätte, von Scylla und Charybdis zu sprechen als in dem viel milder bewegten Gebiete der Straße von Messina, wo die höchste Fluthöhe 30 cm nicht übersteigt. Immerhin entstehen auch hier heftige Gezeitenströme, da das Jonische Meer Niederwasser hat, wenn im Tyrrhenischen Hochstand herrscht, und umgekehrt, so daß ein starkes Gefäll von einem zum anderen durch die Straße stattfindet. Außer den Gegenströmen der ursprünglichen Strömungen sind hier immer die Unebenheiten des Meeresbodens wirksam, welche die Bewegungen beschleunigen oder verlangsamen und so die schwer berechenbare „Bastardi" und „Refoli" der sizilianischen Schiffer hervorrufen. Ein Rücken in der Messinastraße von 124 m zwischen Tiefen von 1000 m im Süden und 400 m im Norden bedeutet eine starke Anschwellung des Gezeitenstromes.

Vielleicht gehören zu dieser Klasse auch jene merkwürdigen Schwingungen des Meeres, die man erst aus den zusammenhängenden Kurven der selbstregistrierenden Pegel herausgelesen

hat. Sie sind wie kleine Wellen, die kräuselnd über die großen Wellen der eigentlichen Gezeiten sich hinbewegen. Im Mittelmeer, wo man sie am frühesten beobachtet hat, können sie höher werden als die Flutwellen, zeichnen sich aber dann durch ihre kurzen Perioden von 5 bis 90 Minuten aus. Ja es gibt hier Orte, wo überhaupt keine Flutwellen vorkommen, sondern der Pegel nur solche Wellen von 15—40 cm Höhe und 30 Minuten Dauer verzeichnet. Sie scheinen in ganz ähnlicher Gestalt auch in den großen, offenen Meeren aufzutreten. Ob man sie auf eine einzige Ursache zurückführen wird, ist fraglich. Im vielgegliederten Mittelmeer könnten sie wohl aus der mannigfaltigen Brechung der Flutwellen an Inseln und in Meeresstraßen hergeleitet werden, und wo sie nur bei bewegtem Meere auftreten, wie im Atlantischen Ozean, könnten sie aus der Kombination von langen Windwellen entstehen.

Bei solcher Geschwindigkeit sind sie im stande, kräftige Wirbel hervorzurufen. Von den wirbelerzeugenden Bewegungen der Gezeitenströme in den Fjordstraßen der Lofoten entwirft L. von Buch folgendes Bild: „Der Westfjord drängt sich wie ein Keil zwischen das feste Land und die hohen und so weitgestreckten Inseln und Gebirgsketten von Lofodden. Da bringt zugleich die Flut ein und der allgemeine Strom von Süden an den nordischen Küsten herauf. Die engen Sunde zwischen den Inseln können diese große Masse von Wasser nicht schnell genug abführen; die Ebbe läuft wieder zurück, wie ein Katarakt, und die kleinste Kraft dieser Bewegung entgegen, z. B. Südwinde, erzeugt sogleich kurze, unregelmäßige Wellen. Ein stärkerer Wind, der selbst hohe Wellen aus dem Meer vor sich hertreibt, bringt den ganzen Fjord zum Aufbrausen. In allen Sunden zwischen Lofoddens Inseln strömt das Meerwasser wie in den stärksten und reißendsten Flüssen; deswegen führen auch die äußersten den Namen von Strömen: Grimsström, Napström, Sundström, und da, wo der Fall der Ebbe sich nicht durch so lange Kanäle ausdehnen kann, entsteht wirklich ein Katarakt: der bekannte Malström bei Mosken und Väröe. Diese Ströme und dieser Fall ändern daher ihre Richtung viermal des Tages, je nachdem die Flut oder die Ebbe das Wasser forttreibt; aber eigentlich gefährlich und groß und erschreckend im Anblick wird Malström nur dann, wenn der Nordwestwind dem Ausfallen der Ebbe entgegenbläst. Dann streiten Wellen mit Wellen, türmen sich auf, drehen sich in Wirbeln und ziehen Fischer und Boote, die sich ihnen nähern, in den Abgrund herunter. Und auch nur dann hört man das Toben und Brausen des Stromes viele Meilen im Meer. Aber im Sommer gibt es solche heftige Winde nicht; der Strom ist dann wenig gefürchtet und hindert die Gemeinschaft der Einwohner nicht, die auf Väröe und Moskenöe wohnen. Die Neugierde, hier etwas Außerordentliches und Großes zu sehen, wird daher gewöhnlich sehr getäuscht; denn nur im Sommer kommen Reisende des Reisens wegen im Norden herauf, im Winter wohl schwerlich."

Die Straße von Madura. Nach englischen Seekarten. Vgl. Text, S. 256.

Von verheerender Kraft ist das Flußgeschwelle, wenn es als Flutbrandung oder Stürmer (Barre, Bore, Mascaret) auftritt. Diese Flutbrandung ist bei weitem nicht allen Flüssen eigen, sie erscheint vielleicht am großartigsten im Amazonas als Pororoca; von europäischen Flüssen besitzen sie die Seine, Charente, Orne, Vilaine, während Adour und Loire sie entbehren. Sie kommt im Severn vor, fehlt aber heute den deutschen Strömen, während

sie vor 50 Jahren noch in der Ems wahrgenommen worden sein soll. Außerdem erscheint sie im Hugli, im Tsientang (bis Hangtscheu), in den Flüssen des brasilischen Guayana, an der Nordküste Borneos. Charakteristisch für sie sind überall die wallartige Front, mit der diese Flußbrandung stromaufwärts läuft, das Überströmen des Wassers von rückwärts nach vorn, das Branden an den flachen Ufern und über Sandbänken. Die Höhe wird für den Tsientang zu 8—10, den Amazonas und Ganges zu 5—6, die Seine zu 2, die Dordogne ½—1 m angegeben. Bedingungen ihres Hervortretens sind beträchtliche Fluthöhe, oft auch starkes Oberwasser, Untiefen im Bette oder Verengerungen bei starker Umbiegung des letzteren. Sie treten am stärksten mit den Springfluten auf. So soll der „Mascaret" in der Seine zur Zeit der Springfluten 5—6 m hoch sein und die Geschwindigkeit eines galoppierenden Pferdes erreichen.

Die sogenannten Esperas oder Wartestellen im Amazonas, wo die Flut über tiefem Wasser gleichsam ruht, deuten die Abhängigkeit von einer geringen Wassertiefe an. Verseichtung oder Verengerung des Bettes verkleinern plötzlich das Durchflußprofil der aufwärtsgehenden Wassermasse, die hinteren Teile des Wassers stürzen über die vorderen weg, die ganze Masse wälzt sich, am Ufer brandend, in der Mitte ruhiger, den Strom hinauf. Während der Petit Codiac in der Fundybai noch heute eine Bore in seiner ästuarartigen Mündung hat, ist sie dort in der Mündung des Cobequis verschwunden, seitdem eine Sandbarre ihre Lage geändert hat.

Die Entstehung der Gezeiten.

Die Gezeiten sind eine Folge der Bewegung der Erde um die Sonne und des Mondes um die Erde. Newton hat uns gelehrt, daß diese Bewegungen nichts anderes sind als ein Fallen der nach den Gesetzen der Gravitation einander anziehenden Körper. Aber dieses Fallen wird in jedem Augenblick aufgehalten durch die andere Bewegung der Erde, die von der Sonne wegstrebt. Aus beiden Bewegungen zusammen entsteht der elliptische Lauf der Erde um die Sonne. Die Anziehung, die proportional dem Quadrat der Entfernung wirkt, läßt die der Sonne näheren Teile etwas rascher gegen den anziehenden Körper fallen als die abgewandten Teile, oder, was dasselbe ist, jene eilen in der Bewegung voraus, diese bleiben zurück. Das Ergebnis ist das Streben der Flüssigkeitshülle der Erde, sich in der Richtung des anziehenden Körpers ellipsoidisch zu verlängern, während die Teile unberührt bleiben, die zwischen dem zu- und abgewandten Teil auf einem Kreise gelegen sind, der senkrecht zur Richtung der Sonne durch den Mittelpunkt der Erde gelegt ist. So entsteht ein Flutring, der an der dem anziehenden Körper zugewandten Seite aufgewölbt wird durch die Zenithflut, an der abgewandten durch die Nadirflut. Jene ist etwas höher als diese. Indem nun die Erde sich dreht, wird in 24 Stunden 48 Minuten zweimal diese Anschwellung gerade unter dem Monde vorbeiwandern. Die in derselben Weise von der Sonne hervorgerufenen Anschwellungen, die zu denen des Mondes sich wie 4 : 9 verhalten und nur 24 Stunden auseinanderliegen, werden, je nach der Stellung der beiden Gestirne zu einander, die Mondfluten verstärken oder vermindern. Kleinere Änderungen des Betrages der Anziehung entstehen durch Unterschiede in der Entfernung der anziehenden Körper der Erde.

So wären also die Gezeiten Differentialfluten des leichter beweglichen Flüssigen gegen das schwerer bewegliche Feste der Erde oder mit anderen Worten relative Bewegungen. Keineswegs ist indessen die Erde als ein starrer Körper ihrer Flüssigkeitshülle entgegenzusetzen. Vielmehr weisen gerade auch Thatsachen der Gezeitenbewegung darauf hin, daß der Meeresboden in etwas die Schwankungen der Gezeiten mitmacht. Die Gezeiten haben nicht bloß halbtägige, sondern entsprechend der Mond- und Sonnendeklination auch halbmonatliche und halbjährige

Perioden. Daß diese letzteren viel undeutlicher ausgeprägt sind, als die Theorie erwarten läßt, weist darauf hin, daß auch der Erdkörper im ganzen von den Gezeiten mitbewegt wird. In den halbtägigen Gezeiten kann sich dieses „Mittiden" der Erde nicht zeigen, da es nicht rasch genug dem Wechsel der Anziehungskräfte folgt. Noch unerklärt ist die Thatsache, daß neben einer Jahresperiode der Mittelwasser in größeren Zeiträumen auch Schwankungen der jährlichen Mittel vorkommen. Beobachtungen im Hafen von Saint-Malo zeigen eine regelmäßige Zunahme von 1874 bis 1883, die seitdem in eine fortlaufende Abnahme übergegangen ist.

Die eigene Trägheit des Wassers, die Ungleichheit seiner Tiefen und vor allem die Unterbrechungen der Ausbreitung des Meeres durch die Festländer und Inseln ändern allenthalben die auf die Annahme einer allgemeinen und gleichmäßigen Meeresbedeckung theoretisch begründeten Gezeiten ab. Warum treten im Atlantischen Ozean die Springfluten erst 1½—2½ Tage nach den Syzygien auf? Warum sind im Atlantischen Ozean die Gezeiten der Ostseite stärker als der Westseite? Warum haben auf der Ostseite des Atlantischen Ozeans die nördlicher gelegenen Orte immer spätere Hafenzeiten als die südlicheren, während an der ganzen Westseite von den Virgeninseln bis Neuschottland die Springflut fast überall gleichzeitig eintritt? Gerade dieser Unterschied hat auf den Einfluß der Bodengestalt des nordatlantischen Meeres hingeführt und damit eine Ursache der Ausbildung der Gezeiten würdigen gelehrt, die man früher in allen Meeren zu wenig berücksichtigt hatte. Die die Mitte dieses Beckens längsweise durchziehende Bodenschwelle hält die Flut auf, wogegen letztere in ihrem Fortschreiten begünstigt wird durch die Tiefen von Westindien und südlich von Neufundland, ebenso wie der nach Norden rasch an Tiefe abnehmende Boden der Osthälfte des Atlantischen Ozeans ihren Gang verzögern muß. Dabei ist es wohl dem Einflusse der Erdumdrehung zuzuschreiben, daß die Flut im südlichen Atlantischen Ozean am stärksten am Westufer, im Nordatlantischen am Ostufer empfunden wird.

Es ist nirgends gelungen, die Eintrittszeit und die Höhe der Gezeiten aus der Theorie allein für irgendeine Küste zu berechnen. Nur auf Grund genauester und lang fortgesetzter Beobachtungen ist es für den nordöstlichsten Teil des Atlantischen Ozeans möglich geworden, den Gang der Gezeiten zu erklären. Hier kommt offenbar die Flutwelle zuerst an die iberische, dann an die französische Küste, geht in den Kanal und die Irische See, umkreist Irland und Schottland und geht dann auf der Ostseite Großbritanniens nach Süden, wo sie in der Themsemündung mit der durch den Kanal gekommenen Welle zusammentrifft, die 12 Stunden jünger ist.

Durch Reibung gehemmt, wachsen die Fluten an Höhe, gerade wie die Wellen, die einen flachgeneigten Strand hinauflaufen, sich erhöhen. Daher stammen jene niederen Fluten an Inseln im offenen Ozean, wo bei weiten, tiefen Wassermassen die Reibung minimal ist, und daher auf der anderen Seite jene merkwürdigen „Oberfluten", wie sie Otto Krümmel nach der Analogie der Obertöne genannt hat, die dadurch entstehen, daß eine Saite nicht bloß zwischen ihren Fixpunkten schwingt, sondern eine Anzahl von Schwingungen mit mehreren Knotenpunkten ausbildet. So entwickelt auch eine einzige Flutwelle im flachen Wasser der Küste mehrere Oberwellen, die unter Umständen sogar als kürzere Flutwellen allein herrschen, so daß wir Orte finden, wo regelmäßig drei-, vier-, sechs- oder achtstündige Fluten auftreten.

Fassen wir die ganze Erscheinung der Gezeiten, wie sie uns thatsächlich entgegentritt, zusammen, so ergeben sich also zwei grundverschiedene Gruppen von Ursachen. Einmal sehen wir als Folge der Anziehung der Sonne und des Mondes die großartig einfache Thatsache der gleichzeitigen Zenith- und Nadirfluten und der überall 90° von ihnen entfernten Ebbe: das ist der Kern des Gezeitenphänomens. Es gehört dazu, daß die Nadirfluten etwas kleiner sind als

die Zenithfluten, und daß die fluterzeugende Kraft des Mondes zu der der Sonne sich fast wie 9 : 4 verhält. Nun bringt schon die Thatsache, daß die Stellung der Erde zum Mond und zur Sonne und die Stellung der beiden Gestirne sich ändert, Abweichungen hervor; auch der Wechsel der Entfernung der Erde von der Sonne und vom Mond macht sich geltend. Aphel und Perihel, Apogäum und Perigäum kommen in den Fluthöhen zum Vorschein; die Perigäumflut ist fast ½mal höher als die Apogäumflut. Daraus ergeben sich halbtägliche, tägliche, halbmonatliche, halbjährliche Ungleichheiten und Veränderungen, in einer Periode von 18,6 Jahren, die der Wiederkehr der Maxima und Minima der Monddeklination entsprechen. So erscheinen Flutwellen von verschiedener Zeit und Größe, die aber alle das Gemeinsame haben, daß sie unabhängig von der Tiefe des Meeres sich fortpflanzen. Dabei entstehen beständig Ungleichheiten dadurch, daß die Mondwellen 12,4 Stunden, die Sonnenwellen aber genau 12 Stunden lang sind, sich also ungefähr wie 30 : 29 verhalten und daher bei ihren Wegen um die Erde auseinanderkommen und wieder zusammentreffen müssen.

Die zweite Gruppe von Ursachen liegt in der Beschaffenheit der Wasserhülle der Erde, die den Anziehungen des Mondes und der Sonne in sehr ungleichem Maße folgt. Zunächst bewirkt die innere Reibung des Wassers eine Verzögerung der Fluten, die immer erst einige Zeit nach dem Meridianburchgang des Mondes eintreten. Die Umdrehung der Erde übt ihre ablenkende Wirkung. Dann beeinflussen Größe, Tiefe und Gestalt der Meere den Verlauf der Gezeiten. Neben den unmittelbar der Anziehung des Mondes und der Sonne folgenden primären Flutwellen entstehen dadurch sekundäre Wellen; man hat auch jene gezwungene, diese freie Wellen genannt. Die Geschwindigkeit der freien Wellen wächst im Verhältnis zur Tiefe des Wassers, und daher entstehen durch ihre Verzögerung an Flachküsten und in seichten Meeren die verschiedensten Komplikationen, die hier Wellen so zusammentreffen lassen, daß sie ihre Höhe verdoppeln, dort so, daß eine die andere auslöscht.

Die Bedeutung der Gezeiten.

In den Gezeiten allein sehen wir die Fäden der Anziehung, welche die Erde mit den anderen Himmelskörpern verbindet, deutlich vor unseren Augen: die Erde erscheint uns nicht mehr isoliert im weiten Raum, sondern zu Licht und Wärme, die sie empfängt, gesellt sich die Anziehung des Mondes und der Sonne und erschließt eine neue Energiequelle an der Oberfläche der Erde. Daß die dadurch hervorgerufenen Bewegungen der flüssigen Hülle die Gesamterde beeinflussen müssen, ist nicht mehr zu leugnen, seitdem Robert Mayer die Notwendigkeit der Verzögerung der Umdrehungsgeschwindigkeit durch die Gezeiten der Erde nachgewiesen hat. Den Einfluß der Gezeitenströme auf die Küsten haben wir oben, Bd. I, S. 393, kennen gelernt. Dem dort Gesagten sei noch die Nachricht von einem „Gezeitenkolk" hinzugefügt von der ungewöhnlichen Tiefe von 50 m und Böschungen von 45° bei nur 0,112 qkm Fläche, den O. Marinelli aus dem Lagunengebiet von Venedig vor dem Eingang von Malamocco beschrieben hat; es ist allerdings fraglich, ob diese Bildung durch Gezeitenströme zwischen Laguneninseln erschöpfend erklärt werden kann. Es gibt Küsten, wie die isländischen, wo die Flutwelle, selbst der Flutstrom und zum Teil die Meeresströmungen in gleicher Richtung gehen, hier wie der Uhrzeiger. In solchem Falle werden Wirkungen auf die Landvorsprünge auch dann sich geltend machen, wenn harter Fels sich den Wellen entgegenstellt. Einen starken und für den Verkehr der Menschen folgenreichen Einfluß üben die Gezeiten auf die Flüsse aus. Denn das Meer wird durch diese Bewegungen in die Flüsse geführt, deren Mündungen vor allem der Ebbestrom erweitert und

vertieft. Die Ästuarien sind großenteils ein Werk der Gezeiten. Die Themse ist dank den Gezeiten bis London, die Elbe und Weser sind bis Hamburg und Bremen als Meer natürlich, verkehrsgeographisch und politisch aufzufassen. Wie der Salzgehalt mit der Flut in den Flüssen vordringt, haben wir gesehen.

Die Meereswellen.

Nur sehr selten bietet sich auf hoher See der Anblick einer vollkommen ebenen, spiegelglatten Meeresfläche dar. Ebenso wie das beruhigende Bild einer vollkommen ebenen Oberfläche am festen Lande nur in ganz engem Rahmen erblickt wird (vgl. Bd. I, S. 620), mag man den ungekräuselten Meeresspiegel wohl nur in kleineren, halbabgeschlossenen Meeresteilen zu Gesicht bekommen. Im Spiel der Wellen sehen wir die Wasserfläche sich wechselnd heben und senken, als ob etwas Unsichtbares unter ihr wegschreite. Körper, welche auf dem Wasser schwimmen, verändern auf den ersten Blick ihren Ort nicht, sie steigen und sinken mit der Welle; doch erkennt man, daß sie auch ein Stückchen mit der Welle fortschreiten und dann wieder in dem Thal, welches nach ihrem Vorübergange sich bildet, zurückschreiten. Der Wasserberg, der unser Schiff in diesem Augenblicke zu zertrümmern drohte, bildet im nächsten Moment das Fundament dieses Schiffes, das er in die Höhe trägt, um es dann wieder in das gleich darauf folgende Wellenthal hinabsinken zu lassen.

Die Ufer werfen die Wellen zurück, und so entstehen besonders in Meeren von enger Begrenzung und auf Binnenseen die kurzen „hüpfenden" Wellen, welche die Gefahren der Schiffahrt, z. B. auf dem Kaspischen See und den großen Seen Kanadas und oft auch selbst auf kleineren Landseen, vermehren. Sie sollen dem Ägäischen Meere seinen Namen gegeben haben, aber auch im westlichen Mittelmeer kennt und fürchtet man die kurzen, gedrängten Wellen, die der herabstürzende Mistral im Golfe du Lion hervorruft.

Sobald der über eine Wasserfläche hinstreichende Wind Wellen erregt hat, hat er sich damit ein Werkzeug geschaffen, um stärkere Wellen zu bilden. Denn jeder kleine Wellenhügel bietet dem Wind eine Angriffsfläche, die das glatte Wasser nicht bot. Daher steigert der Wind die Wellen immer höher, je länger er weht. Und daher kommt es auch, daß die Wellen immer höher werden, je größer die Fläche ist, über die er hinweht, und daß in den großen Meeren die großen Wellen wandeln. Dort, wo auf der Südhalbkugel die starken Westwinde eine fast freie Bahn um die ganze Erde herum finden, hat die „Novara" die höchsten bis jetzt gemessenen Wellen von 11 m in 40° südl. Breite und 31° östl. Länge gemessen. In demselben Meere sind Wellen von 7 m öfters gemessen worden. Die vielleicht gefürchtetste Strecke auf allen Straßen des Weltverkehres, die Umfahrt des Kap Hoorn, fällt in dieses Gebiet; nicht bloß der Zeitersparnis halber, sondern auch um die heftigen Weststürme und den Seegang dieses Vorgebirges zu vermeiden, ziehen die Schiffe die ebenfalls nicht leichte Magalhãesstraße vor. Auch in der durch ihre Stürme berühmten Bucht von Biscaya sind Wellen von 8 m Höhe gemessen worden, während die höchsten Wellen der Nordsee nicht 4 m, die des Mittelmeeres nicht 4,5 m, die im atlantischen Passatgebiet nicht 2 m überschreiten dürften.

Wir sehen die Wellen kommen und gehen; es scheint, als schritten sie an uns vorüber, und wir können die Zeit messen, die vom Vorübergang eines Wellenberges bis zu dem eines anderen verfließt. Diese Zeit nennt man eine Wellenperiode. Wellen von großer Länge können sich nur in weiten Räumen entwickeln, Wellen von mehr als 130 m hat man im Südatlantischen Ozean beobachtet; in demselben hat westlich von der Kapstadt James C. Roß Wellen von 580 m

Länge und 7 m Höhe gemessen. Solche lange Wellen schreiten zugleich ungemein rasch fort; während ein Postdampfer höchstens 20 Seemeilen in der Stunde zurücklegt, gibt James Roß für die Geschwindigkeit jener ungeheuern Wellen 77 Seemeilen in der Stunde an. Auch schon eine Geschwindigkeit der Wellen von mehr als 20 Seemeilen, die man oft beobachtet, ist mehr als die Geschwindigkeit des Windes, dem daher die Wellen voraneilen. Lange Wellen, die, von weither kommend, unabhängig von Wind und Wetter am Orte ihres Erscheinens auftreten, nennt man Dünung.

Die Gliederung des Meeres ändert die Wellenbewegungen nach Höhe und Länge, indem sie ihnen Schranken setzt: eine ungemein wichtige Sache für die Schiffahrt, die daher in abgegliederten Meeresteilen ruhigeres Wasser findet, dafür aber auch in größeren, halb abgeschlossenen Meeren die kurzen Stoßwellen zu fürchten hat. Verhältnismäßig friedlich sind die Meeresteile hinter Insel- oder Klippenreihen, die bezeichnenderweise den Namen „inneres Meer“ tragen, z. B. zwischen den Inseln des südlichen Chile und den Fjordküsten des Festlandes. Auch die Formen des Meeresbodens wirken auf die Wellen an der Oberfläche zurück. Selbst über unterseeischen Erhebungen, die 1500 m unter dem Meere liegen, beobachtet man einen etwas anderen Wellenschlag als sonst. (Murray.)

Brandungshohlkehle an der Granitküste von Maine, Nordamerika. Nach Ralph S. Tarr. Vgl. Text, S. 263.

Bis zu welcher Tiefe erstreckt sich die Wellenbewegung? Das ist eine Frage, deren Beantwortung theoretisch und praktisch gleich wichtig ist. Die Wellenlehre weist Bewegungen der Wasserteilchen bis zum 350fachen der Höhe der oberflächlichen Welle nach. Körperchen, die aus der Tiefe eines durchsichtigen Meeres an die Oberfläche steigen, z. B. Luftblasen, sieht man daher in Schlangenlinien ihren Weg machen. Da niemand mit Sicherheit die Wellenfurchen auf feinkörnigem Meeresboden in mehr als 150 m Tiefe oder die Scheuerungserscheinungen der Kabel in der Tiefe von 1150 m auf fortgepflanzte Wellen zurückzuführen im stande war, liegt hier ein großes Feld der Beobachtung und des Experimentes offen. Früher glaubte man, das Tierleben reiche im Meere nur so weit wie die tiefsten Wellen, die demselben die Nahrung zuführen müßten. Seitdem eine Fülle des Tierlebens am tiefsten Meeresboden nachgewiesen ist, würde unter der Voraussetzung, daß diese Funktion ihnen übertragen sei, allerdings eine sehr tiefe Wirkung der Wellen angenommen werden müssen. Wir kennen nun aber den Austausch zwischen Meeresoberfläche und Meerestiefen durch das Untersinken und Aufsteigen des Wassers und wissen, daß die unmittelbaren Wellenwirkungen kaum über 150 m in die Tiefe reichen dürften.

Was die freie Bewegung des Wassers an seiner Oberfläche behindert, muß immer die Entwickelung der Wellen erschweren. Die beginnende Eisbildung, die durch eine Unzahl

von Eisnädelchen dem Oberflächenwasser eine fast gallertige Konsistenz erteilt, läßt das Meer ruhiger werden; aber nur bei regelmäßigem Wellengang zeigt sich diese Wirkung, ebenso wie das zur Glättung der Wellen ausgegossene Öl ganz nutzlos bei durcheinanderlaufenden Wellen ist. Leopold von Buch erzählt in seiner norwegischen Reise von der Erfahrung unter den Schiffern, daß Hagel und Schnee, wo sie fallen, die wütendsten Meereswellen beruhigen. „Das schien mir merkwürdig", fügt er hinzu, „das Phänomen hat wahrscheinlich dieselben Ursachen wie die Beruhigung der Meereswellen durch das über ihre Oberfläche verbreitete Öl, als Folge der Ungleichartigkeit der beiden, wellenartig bewegten Substanzen." In beiden Fällen stört die Ausbreitung eines zäheren Flüssigkeitszustandes, die gleichsam ein Häutchen an der Oberfläche bildet, die freie Entwickelung der Wellen.

Meeresbrandung an flacher Küste. Nach Photographie.

Die einfache Wellenbewegung erfährt in der Nähe des Landes, sei es steil- oder flachküstig, eine Reihe von Veränderungen, die ihre lebendige Kraft in ungewöhnlichem Maße erhöhen und sie zu dem Werkzeug jener Aus- und Abspülungen machen, welche die härtesten Küsten umgestalten (vgl. Bd. I, S. 393, und die Abbildung S. 262). Die Geschwindigkeit der Flachwasserwellen ist proportional der Quadratwurzel aus der Wassertiefe, nimmt also bei einer Welle, die einen flachen Strand ansteigt, ab; die der Wassertiefe einfach proportionale Wellenlänge wird dabei verringert, d. h. die Wellen rücken zusammen, die Wellenhöhe wird vergrößert, da die in schiefem Aufsteigen einem Widerstand begegnenden Wasserteile nach oben auszuweichen streben. Das Resultat ist die **Brandung**, in der sich die ihrer Stabilität durch Überhöhung beraubte Welle überschlägt (s. die obenstehende Abbildung). Es staut sich gleichsam das Wasser gegen den Strand zu, wobei die Thatsache, daß das zurückrollende Wasser die tieferen Teile vordringender Wellen in ihrer Vorwärtsbewegung hemmt, dem Überschlagen unmittelbar zu gute kommt. Die zurückrollende Welle zieht am Grunde Sand und Steine mit hinab, die vordringende Brandung trägt leichtere und schwimmende Stoffe mit hinauf; daher hören wir dem dumpfen, tiefen Ton des Überstürzens das Zischen und Reiben der rollenden Kiesel und Sandkörner am Grunde folgen. Auflandige Winde verstärken natürlich alle diese

Erscheinungen, die am großartigsten dort hervortreten, wo in langen Dünungswellen (swell der Engländer) große Wassermassen in Perioden von 1/4 bis 1/3 Minute sich heranbewegen, welche jene bei ruhiger Luft unverändert mächtig aufbrausenden Erscheinungen der Kalema an der Guineaküste, der Roller von Sankt Helena, der Paumotu, der Lombokstraße u. a. erzeugen. Im Gegensatz zu dieser Brandung auf flach ansteigender Küste tritt die Klippenbrandung nur bei starken und auflandigen Winden hervor. Wo Flach- und Klippenküsten nebeneinander liegen, brandet bei ruhigem Wetter das Meer auf jenen und liegt vor diesen still.

Das Wasser fließt vom Lande rascher in der Tiefe zurück als an der Oberfläche, wo es durch die vorwärtsschreitenden Wellen stärker gehemmt wird. Man nennt an der Ostsee dieses Rückströmen Sog, Saugen, weil es mit unmerklicher Gewalt vom flachen Strande groben Sand und selbst kleine Steinchen mit sich zieht. Dieselbe Bewegung ist es auch, welche unerfahrenen Besuchern der Seebäder das ungewöhnliche Gefühl verursacht, als ob ihnen die Füße unter dem Leibe weggezogen würden.

C. Das Meereis.

Inhalt: Das Meereis. — Das Treibeis. — Eispressungen. — Das Packeis. — Das offene Polarmeer. — Altes Eis. — Die Eisberge. — Schutt-Transport auf Treibeis und Eisbergen. — Das Küsteneis oder der Eisfuß.

Das Meereis.

Das bei Temperaturen unter —3° oder (bei Überkühlung) bei noch tieferen Temperaturen rasch erstarrte Eis der Eismeere nimmt sehr langsam im Laufe des Winters zu, da es selbst als schlechter Wärmeleiter auf seine Unterseite wirkt. Es erreicht am Ende desselben seine größte Dicke. Die Frühwinterfröste im September bringen rasch eine Eisdecke zu stande, der die Segelkraft eines Schiffes nicht mehr gewachsen ist. In den folgenden Monaten gewinnt das Eis durchschnittlich 20—30 cm, so daß es nach John Roß' Messungen an der Ostküste von Boothia Felix von 1 m um Mitte Dezember auf 1 1/3 m Ende Januar und auf 2 m Ende April gewachsen war. Nansens Beobachtungen ergaben schon am 10. November 2,08, einen Monat darauf 2,11, am 6. Februar 2,59, am 30. Mai 3,03 m Eisdicke. Am 4. Mai 1896 maß er das dickste, an Ort und Stelle gebildete Eis zu nahezu 4 m. Eine frühe Schneedecke verzögert das Wachstum der Eisdecke. Erst von Juni an sah Roß das 2 m dicke Eis beträchtlich abnehmen, doch wissen wir, daß die Abschmelzung, indem sie Süßwasser neben Salzwasser von viel tieferem Gefrierpunkte legt, die Eisbildung noch begünstigt. Natürlich ist der Zuwachs des auf das Eis fallenden und verfirnenden Schnees nicht zu unterschätzen, der offenbar auch bei den alten Eisbergen keine kleine Rolle spielt (s. unten). In seichten Meeresteilen, wo der fast zu Tage liegende Meeresboden durch Ausstrahlung das Meer abkühlt, bildet sich immer am frühesten Eis, und zwar an den Küsten, in Lagunen, hinter schützenden Vorsprüngen. In strengen Wintern friert das friesische Wattenmeer bis auf die „Tiefe" zu. Nur ausnahmsweise, z. B. 1871, überbrückt eine zusammenhängende Eismasse diese Meeresstraßen, Treibeis isoliert aber die Inseln nicht selten wochenlang. In der Regel tritt das Eis in den Watten einige Tage nach dem Erscheinen stärkeren Treibeises in den Flüssen auf.

Das Wasser der Ostsee, das in den meisten Teilen einen Salzgehalt von weniger als 1 Prozent hat, gefriert zwar leichter als das des Ozeans, aber auch sein Gefrierpunkt liegt unter 0°; Wasser mit 1 Prozent Salzgehalt gefriert bei 0,7°, mit 2 Prozent bei —1,4°. Immerhin wird also die Ostsee bei gleicher Temperatur später gefrieren als Süßwasser in gleicher Lage, und ebenso werden die sehr salzarmen nordöstlichen Teile der Ostsee nicht nur wegen ihrer nördlichen Lage früher gefrieren als die südwestlichen, sondern auch wegen ihres höherliegenden Gefrierpunktes. In einem so buchtenreichen Meere

wie die Ostsee spielt die Überkältung des Wassers eine große Rolle. Die Temperatur des Wassers sinkt nicht bloß in ganz ruhigem, sondern auch in mäßig bewegtem Wasser bis auf 3 und 4° unter seinen Gefrierpunkt, ohne zu erstarren; erst wenn es heftig bewegt wird, verwandelt es sich plötzlich in eine halbflüssige Eismulz.

Damit hängt auch die gerade in der Ostsee nicht seltene Grundeisbildung zusammen, die nicht bloß am Boden, sondern auch in mittleren Tiefen durch Zusammentreffen leichter gefrierender salzarmer mit schwer gefrierenden salzreichen Wassermassen vor sich geht. Bei ruhigem Wetter schießen plötzlich auf allen Seiten tellergroße Grundeisschollen aus der Tiefe, legen sich nebeneinander und bedecken bald das Meer meilenweit. Unter dem Einfluß der Strömungen wird dieses Eis, auf dem man nicht gehen, das man aber auch nicht mit Fahrzeugen durchdringen kann, zu Packeis, und stellt als solches der Schiffahrt schwere Hindernisse entgegen. Wir haben keine genauen Angaben über die Tage mit schwimmendem Eis in der Ostsee, wohl aber für die Dauer der festen Eisdecke, welche die Schiffahrt unmöglich macht. Ihre durchschnittliche Zahl ist bei Lübeck 33, bei Neufahrwasser 51, bei Riga 126, auf der Newa bei St. Petersburg 147 und im Hintergrund des Bottnischen Meerbusens bei 65¾° nördl. Breite 233.

Unter den Ostseehäfen gefrieren am leichtesten die im geschützten Hintergrund einer Bucht gelegenen, wie Kiel, Wismar, weniger leicht die an der Mündung eines großen Stromes, wie der Weichsel, am wenigsten leicht, die an einem strömungsreichen Seegatt gelegenen, wie Warnemünde, Swinemünde, Libau. Libau war von 1857 bis 1869 nie für Dampfer unzugänglich, Warnemünde in 21 Wintern 1860 bis 1881 nur 8mal geschlossen. — Das Gefrieren des Gelben Meeres erinnert einigermaßen an das der Ostsee. Es bedeckt sich in der Regel Anfang Januar bis auf 5 Seemeilen vom Lande mit Eis, das im Laufe dieses Monats 20—30 Seemeilen breit wird. Treibeis breitet sich vor dem Peiho bis 75 Seemeilen von der Küste aus.

Die Eiszufuhr durch die nordischen Ströme ist verschwindend im Vergleich zu der Wärme, die sie dem Nördlichen Eismeer im Sommer bringen. Die Schiffer fürchten die hellgrünen, glasigen Schollen des Flußeises wegen ihrer Härte, aber ihre Menge ist gering. Buffon und seine Zeitgenossen meinten freilich noch, alles Eis der Eismeere bilde sich auf Flüssen und Strömen und treibe von da erst ins Meer, und sogar Cook brachte von seiner ersten Reise die Überzeugung mit, daß das antarktische Eis das Erzeugnis großer Ströme des vermuteten Südlandes sei. Wir wissen aber, daß umgekehrt die offene Rinne an der sibirischen Küste zwischen Kap Tscheljuskin und der Jenisseimündung, die Wrangell und Middendorf gesehen und Nordenskiöld bei seiner Umschiffung Nord-Eurasiens benutzt hat, hauptsächlich das Werk des einströmenden Süßwassers der sibirischen Ströme ist (s. oben, S. 229). Keine von den drei südhemisphärischen Landmassen kommt mit ihrer Wasserabfuhr für das Südliche Eismeer in Betracht. Das Eis des Südlichen Eismeeres ist also insofern sich selbst und dem Seewasser sowie dem Lande überlassen, aus und auf dem es entstanden ist.

Die ursprüngliche Form des Meereises ist eine erstarrte Fläche mit wellenförmigen, durch leichte Winde hervorgebrachten Unebenheiten, die wie erstarrte Dünungswellen aussehen. Durch wechselnde Bestrahlung, Auftauen, Beschneitwerden, Wiedergefrieren wird solches Eis flachhügelig. Aber nur in geschützten Lagen hält sich dieses Eis längere Zeit. Seit Parry eine glatte Eisdecke nördlich von Spitzbergen finden wollte, wo Scoresby sie vermutet hatte, hat jede Polarexpedition vergeblich weite Flächen gesucht, über die hin zu Schlitten der Pol zu erreichen wäre. Wohl hat Lockwood 1882 auf seiner Reise an der Nordküste von Grönland, die ihn über 83° hinausführte, große Eisflächen gefunden, aber doch nur in der Nähe der Küste. Die höheren und mannigfaltigeren Formen des Eises erfreuten als Kennzeichen des freien Meeres mit seinen Bewegungen das Auge des Wanderers, den ermüdende Märsche über Land und über das glatte Eis der Fjorde hergeführt hatten.

Die weiteste Ausbreitung ebenen Eises hat neuerdings Nansen im Sibirischen Eismeer gefunden. Als er am 14. März 1895 in 86° 14′ nördl. Breite und im Meridian von West-Taimyrland die „Fram“ verließ, führte ihn seine Schlittenfahrt mit Johansen zuerst über große, weite Eisflächen, „die aussahen, als ob sie sich direkt bis zum Pol erstrecken müßten“. Diese ebenen Stellen schienen alle noch keinen Winter alt zu sein, und es war manchmal schwer, Eis zu finden, das durch Alter salzarm genug geworden war, um zur Herstellung von Trinkwasser benutzt zu werden. Dieses junge, ebene Eis lag von 82° 52′ bis 82° 21′, also 60 km weit; so weit mußte offenes Wasser gewesen sein. Aber im Norden wurde es viel unebener. Bis dahin waren gelegentlich die Flächen durch altes, hügeliges Eis unterbrochen, aber bald stellten sich offene und wieder zugefrorene Rinnen in der gewöhnlichen Verbindung mit zusammengeschobenen Eisblöcken auf beiden Seiten entgegen, und schon am 3. April wurde es Nansen klar, daß er im Wandern nach Norden südwärts trieb. Ebenso trieb er später, als er von Norden her nach Süden und Westen auf das rettende Land, Hvidtenland, hinstrebte, einige Zeit ostwärts vom Lande ab. „Das Eis war gestern passierbarer als vorher, so daß wir einen beinahe guten Tagmarsch machten, dafür trieben uns aber Wind und Strömung wieder vom Lande ab, und wir sind weiter davon entfernt. Gegen diese beiden Feinde ist, fürchte ich, alles Kämpfen vergebens“, schrieb Nansen sechs Tage vor Erreichung des Landes, die ihm und seinem Gefährten erst gelang, als sie in die offene Rinne zwischen Eis und Land gelangt waren.

An der Wiederzerstörung der Eisdecke arbeiten außer der Sonnenstrahlung und der Luftwärme das warme Wasser des Meeres, die Schwankungen des an und für sich tiefliegenden Schmelzpunktes mit dem Salzgehalt, der Regen, die Verdunstung und nicht am wenigsten alle Kräfte, die das Eis in Bewegung setzen. Letztere arbeiten auch im Winter, und durch ihre Thätigkeit, durch die Zusammenziehung und Ausdehnung des Eises, bilden sich Spalten und Rinnen während des ganzen Jahres. Die Rinnen stellen sich ein, wo starker Wind das Meer unter dem Eis bewegt, wo dann der eine Eisrand an dem anderen, der stillzustehen scheint, vorübertreibt. Dies erklärt auch, daß Nansen sie in einem weiten Gebiete parallel laufen sah. Kanäle erscheinen dagegen erst im Frühjahr, zuerst so eng, daß man sie überspringen kann, und bis in den Mai immer von neuem zufrierend. Aber die größte Wirkung üben die warmen Stürme aus, die das langsame Abbröckeln des Eises, das im Tage kaum eine Seemeile offenes Meer schafft, so beschleunigen, daß an einem einzigen Tage große Buchten von einem Grade und mehr in das Eis brechen. Das durch Strömungen in die Eismeere hineingeführte warme Wasser arbeitet an der Schmelzung des Polareises und zwar besonders in der Tiefe. Im größten Maße muß das am Rande des den Südmeeren überall offen gegenüberliegenden Südpolareises geschehen. Das salzärmere, aufsteigende Schmelzwasser fließt dann in die äquatorwärts gerichteten Strömungen über.

Die Verdunstung des Meereises erreicht nach Weyprechts Versuchen selbst im Winter einen nennenswerten Betrag und ist sehr wirksam in den wärmeren Monaten. Ein Eisblock verlor nach Weyprechts Beobachtungen in der Luft durch Verdunstung vom 1. Oktober bis zum 1. Dezember 5,2 Prozent seines Gewichtes, vom 1. Dezember bis 17. Januar 2,1, vom 17. Januar bis 15. März 1,2, vom 15. März bis 19. April 11,8, vom 19. April bis 17. Mai 38 Prozent. Die Schneedecke hemmt natürlich die Verdunstung, aber die Stürme fegen sehr oft das Eis vollkommen blank.

So wandelt denn im Lauf eines Jahres das Meereis seine Formen nach festen Gesetzen von den schroffen Klippen und Tafeln des jungen Packeises in sanftere Formen um, die schon Parry aus den Umgebungen der Cornwallisinsel als „höckeriges und hügeliges Eis“ beschrieb, dessen Oberfläche von der Wärme mehrerer Sommer abgerundet war, und die, nach Nansen, „wie ein hügeliges, schneebedecktes Land aussehen“. Sommer für Sommer von der Sonne und vom Regen geschmolzen und im Winter mit Schnee bedeckt, ähneln sie dann mehr den Formen

des Landes als des Meereises. So manche Analogien zu den Umgestaltungen der Erdoberfläche liegen in dieser Metamorphose, in die Spalten, Brüche, Falten, Überschiebungen, Sonne, Regen, Schnee, Gezeiten und Winde eingreifen.

Das Treibeis.

Die Eismeere sind mit schwimmendem Eis entweder den größten Teil des Jahres oder dauernd bedeckt, die Decke ist dünner oder dichter, sie staut sich an den Küsten, kittet aber nie die polaren Länder zusammen, wie noch 1855 Elisha K. Kane meinte, der „Kennedykanal verkittet mit seinen Eismassen die Kontinente Grönland und Amerika". Der schwere starre Eismantel, in den man sich die Pole der Erde tief eingehüllt dachte, ist nun in ewig wandernde Eisfelder zerfallen. An vielen Stellen tritt das offene Meer zwischen den Eisschollen hervor, aber immer bleiben die Eismeere „eine zusammenhängende Masse von Eisschollen, die in beständiger Bewegung sind, bald zusammenfrieren, bald auseinandergerissen und aneinander zermalmt werden" (Nansen). An vielen Stellen schwankt die Eisbedeckung von einem Jahr zum anderen, und man kann nur äußerste und durchschnittliche Grenzen für größere Jahresreihen ziehen. Dabei muß man berücksichtigen, daß die dauerhaftesten Eismassen am weitesten treiben. Das sind in der Regel die Eisberge, von denen wir unten, S. 277, sprechen werden.

Auf der Südhalbkugel treibt das Eis im Atlantischen Ozean bis über 40° südl. Breite hinaus, im Stillen Ozean bis 52°, im Indischen hält es sich zwischen 40 und 50°. Den Verlauf der Grenze im einzelnen siehe auf der Karte, S. 283. Das antarktische Treibeisgebiet nimmt, wie man sieht, einen großen Teil des Südmeeres ein und bedeckt den vierten Teil der Oberfläche der südlichen Halbkugel. Auf der nördlichen Halbkugel tritt das Treibeis in den Stillen Ozean nur im nördlichen Teil der Beringstraße und des Ochotskischen Meeres und reicht vereinzelt im Japanischen Meer bis 40° nördl. Breite. Nördlich von der Beringstraße ist die Schiffahrt nur im August, September und Anfang Oktober möglich, wo dann das Packeis vom Eiskap in Alaska bis zur Heraldinsel liegt, aber auch 40—50 km weit nördlich von dieser Insel offene Stellen vorkommen. Von hier streicht die Eisgrenze gegen das Nordkap an der sibirischen Küste. Im Frühsommer ist das Eis nördlich von der Laurentius-Insel unpassierbar, und der Rückgang der Eisgrenze wird hauptsächlich durch Südwestwinde bewirkt. Im Atlantischen Ozean überschreitet es nur südlich von Neufundland vermöge der dort stark nach Süden setzenden Polarströmung den 40. Grad, fällt aber in der östlichen Hälfte dieses Meeres gleich bis zum Südrand Islands und an die Südspitze Spitzbergens zurück (vgl. die Karte, S. 282).

Nicht in allen Jahreszeiten sind die äußersten Grenzen des Treibeises die gleichen. Im Nordatlantischen Ozean (s. die Karten S. 268 und 280) liegt das Eis durchschnittlich im März von der Südspitze Spitzbergens bis zum Nordrande Islands und zur Südostküste Grönlands so, daß es in einem flachen Bogen Jan Mayen mit einschließt; im Mai liegt es hart bei Jan Mayen, vor der Nordostseite Islands und vor Prinz Karls Foreland, im Juli endlich ist es ostwärts bis zum Nullmeridian zurückgewichen, liegt weit hinter Jan Mayen und zieht in 67° zur Küste von Ostgrönland, die von 65° an frei ist. Doch gibt es Jahre, wo im Mai das Eis bis zur Bäreninsel und vor der ganzen Westküste Islands liegt. Deutlich sprechen sich in diesen Bewegungen die nach Nordosten gerichteten warmen Strömungen des Nordatlantischen Ozeans aus, und selbst die in der Gegend von 75° nach Westen umbiegende Strömung kommt in der „Nordbucht" vor Ostgrönland zur Geltung. Es ist bezeichnend, daß diese Schwankungen viel geringer auf der antarktischen Seite sind als auf der arktischen. Der Nordatlantische Ozean kennt überhaupt

weit hinaustreibende Eisberge nur im Frühling und Sommer, der Südatlantische kennt sie in allen Jahreszeiten, und, was mehr ist, sie sind zu allen Jahreszeiten jenseits der mittleren Treibeisgrenze beobachtet worden. Allerdings ist ihre Menge sehr verschieden. Auf den großen Fahrstraßen des Weltverkehres ist im Australwinter wenig Treibeis zu finden. Für die Häufigkeit des Eises im Juni und Dezember findet Neumayer dort das Verhältnis von 1:13. Ebenso ist das Treibeis häufiger im März und April (Australherbst) als im September und Oktober (Australfrühling). Als Ursachen werden angegeben die im Winter besonders lebhafte Eisbildung, die großen Temperaturunterschiede am Ende der kalten Zeit und die im Australsommer vorherrschenden südöstlichen Winde. Die Erscheinung des antarktischen Treibeises wird außerdem kompliziert durch das Rückwärtstreiben der Eisberge unter dem Einflusse der vorwaltenden Nordwestwinde im Herbste. Der nördlichste antarktische Treibeisblock ist am 30. April 1894 in 26° 30′ südl. Breite im Atlantischen Ozean beobachtet worden, die südlichsten arktischen treiben

---------........ Östlichste, resp. westlichste Grenze in den 16 Jahren. ———— Mittlere Eisgrenze.

Die Eisgrenzen zwischen Grönland-Island-Spitzbergen. Nach den „Annalen der Hydrographie", 1897. Vgl. Text, S. 267.

im Atlantischen Ozean bis in die Gegend des 38. Grades nördl. Breite, also bis an die Grenze des Sargassomeeres. Die großen Eisblöcke zertrümmern durch ihre Masse, die unabhängig von den Oberflächenströmungen sich bewegt, da sie tief in das Meer hineinragt, das an der Meeresoberfläche sich bildende Eis und das aus diesem sich zusammenschiebende Packeis und verhindern dadurch das Zufrieren ganzer Meeresstraßen.

Die neunziger Jahre des 19. Jahrhunderts brachten eigentümliche Bewegungen des antarktischen Treibeises in wiederholten Vorstößen. Nachdem im Südatlantischen Ozean 1891—93 besonders östlich von den Falklandsinseln unerhörte Eismassen nach Norden vorgetrieben waren, traten sie im südlichen Indischen Ozean von 1894—97 in Mengen und an Stellen auf, wo sie bisher nicht verzeichnet worden waren; es zeigte sich eine deutliche Verlegung nach Osten in das bis dahin für besonders eisfrei gehaltene Gebiet zwischen den Prinz-Edwardsinseln und Kerguelen.

Die Größe und Menge der Treibeisschollen nimmt polwärts zu. James Roß hebt das geringe Hervorragen des Eises am südlichen Polarkreis, das sich nur 1—2 m über dem Meeresspiegel hob, gegen die 60 m hohen Eismassen am Fuße des Erebus hervor. Dumont d'Urville und Grange bestätigen das. Dennoch sind auch hier die Küsten häufig von einem schmalen, fast eisfreien Kanal zunächst umgeben, wahrscheinlich immer auf der dem Wind abgewandten Seite, ganz ähnlich, wie dies von den Nordpolarländern berichtet wird. Bekanntlich gelang es dem jüngeren Roß vorzüglich durch diesen Umstand, seinen hohen südlichen Punkt von 78° 10′ südl. Breite zu erreichen. Einzelne Teile des Treibeises lösen sich am Außenrande los und

schwimmen voraus (s. die untenstehende Abbildung). In der Regel findet man am äußeren Rande des Treibeises Schollen, die nur 1—1,5 m aus dem Wasser ragen und durch Aushöhlung und gerundete Kanten bekunden, daß sie schon längere Zeit schwimmen. Durchschnittlich 40—50 km hinter ihnen trifft man dichteres und höheres Eis an, und ebenso wachsen auch häufig die Dimensionen nach dem Lande zu durch Zusammendrängung und schwächere Bewegung. Im September, wo die Treibeisschollen im Nördlichen Eismeer am meisten zerkleinert sind, findet man in der Dänemarkstraße solche von mehr als 60 m Durchmesser; nordwärts und landwärts von dort nehmen sie bald Flächenräume von Hunderten von

Antarktisches Treibeis. Nach Photographie der Valdivia-Expedition.

Quadratkilometern ein. Die großen Eismassen, auch die Eisberge, haben Ströme von losem Eis auf ihrer Leeseite. Bei denen, die in niederen Breiten treiben, hört man ununterbrochen Eisblöcke herabstürzen, oder man sieht ganze Eisberge kentern, die durch die Abschmelzung ihr Gleichgewicht verloren haben. Verbunden mit dem Krachen der aufeinander stoßenden Eismassen und der neu sich bildenden Spalten entsteht in solchen Treibeismassen ein Geräusch, das sie schon von weitem verrät.

Die Bewegungen des Treibeises folgen denselben Anstößen, die das eislose Meer bewegen: Winden, Gezeiten und Strömungen; die Strömungen bestimmen seine Grenzen im allgemeinen, die Winde seine Lage an einzelnen Stellen. Aber das Eis selbst verändert die Wirkung dieser Anstöße, denn es treibt, sich selbst vielfach hemmend, langsamer als das freie Meer. Reicht es doch in Tiefen hinab, in denen die Oberflächengeschwindigkeit der Meeresströmungen rasch abnimmt. Und doch bleibt eine langsam fortrückende Eisdrift der wirklichste Ausdruck einer Meeresströmung. In der Nähe der Küste wird tiefgehendes Eis durch Reibung

am Meeresboden aufgehalten. Daher hat der ostgrönländische Eisstrom an der Außenseite eine größere Geschwindigkeit als an der Innenseite, wo er an der Küste hingeht. Auch wird die Geschwindigkeit der Winde beim Wehen über Treibeis durch die Reibung an der ungleichmäßigen Oberfläche verringert. Dannenhauer hebt in seinem Bericht über die 21 monatige Drift der „Jeannette" im Sibirischen Eismeer ausdrücklich hervor, daß das Eis rascher trieb, wenn es dem Winde größere Flächen darbot. Wo nicht entschiedene Strömungen walten (s. oben, S. 243), die im Inneren der Eismeere wenig ausgesprochen sind, beherrscht der Wind die Bewegungen eines im Eise eingeschlossenen Schiffes, das dann von Tag zu Tag seine Richtung ändert und oft nach Monaten wieder in die Nähe seines Ausgangspunktes zurückkehrt.

Das Treibeis erfährt selbstverständlich auch Einflüsse der Gezeiten, deren Flut- und Ebbeströme auch selbst schwerere Packeismassen in oszillierende Bewegung setzen. Sie lassen die Eisdecke ein paar 100 m hin und her schwingen, zerbrechen sie energisch in engen Straßen und Fjorden und bewirken in Verbindung mit Wind und Meeresströmungen häufig frühes Aufgehen. Die Wirkung der Winde übertrifft im allgemeinen die der Gezeiten. Daher haben sich auch die Vorhersagungen unbegründet erwiesen, die besonders starke Eisanhäufungen an den Stellen annahmen, wo zwei Gezeitenströme zusammentreffen, wie bei Kap Frazer an der westgrönländischen Küste. Springfluten verursachen mächtige Verschiebungen des Eises.

Im kalten Frühling am 13. Mai 1882 stand Lockwood, ehe er seine höchste nördliche Breite von 83° 23′ 8″ erreichte, vor einem breiten Spalt in dem Eise, welches das nördlich von Grönland gelegene Meer bedeckte. Eishügel bezeichneten die Richtung dieses Streifens offenen Meeres, welcher in weiten Bogen von Vorgebirge zu Vorgebirge zog, und innerhalb dessen glattes Eis sich ausdehnte, während außerhalb Brucheis und glatte vorjährige Schollen abwechselten. Auch an anderen Stellen wurde diese Flutspalte in gleicher Lage, d. h. zwischen hügeligem Eis des Meeres und den glatteren Flächen der Buchten, nachgewiesen. Kane schreibt in sein Tagebuch vom 18. März 1854: „Heute verursachten die Springfluten in dem massiven Eis, auf welchem unser kleines Schiff ruht, eine Hebung und Senkung um 5 m. Das Ächzen und Reiben, das Stürzen und Gurgeln des Wassers, das Übereinanderstürzen der Eistafeln glichen zwar nicht der rascheren Aktion der Eispressungen, aber ihre Macht und Ausdehnung brachten einen noch stärkeren Eindruck hervor."

Besonders wenn die Bewegung großer Eismassen plötzlich durch ein Umspringen des Windes gehemmt wird, dem das Eis sein Trägheitsmoment entgegensetzt, schieben sich über die vordersten Schollen die nachfolgenden. Die Nähe des Landes steigert oft noch die Massenanhäufungen, wenn sie die Bewegung verlangsamt, und es entstehen jene Eiswälle und -klippen, „Torossij", die Wrangell zuerst aus dem Sibirischen Eismeer beschrieben hat.

Eispressungen.

Mit der Ausdehnung des Eises bei abnehmender Wärme und mit den Bewegungen der flüssigen Masse unter der Eisdecke hängt eine der merkwürdigsten und eindrucksvollsten Erscheinungen der Eismeere, die Eispressungen, zusammen. Durch die Winde, den Wellenschlag und die Gezeiten von außen, vor allem aber durch Temperaturdifferenzen, die an manchen Tagen 40° überschreiten, von innen bewegt, zerklüftet das Eis, hebt sich, türmt sich über dem Schiff auf und droht es zu zertrümmern. Die Grundursache bleibt dabei die Ausdehnung des salzhaltigen Eises mit abnehmender Wärme. Gewöhnliches Salzwassereis wird sein Volumen allein zwischen —2 und —3° um 0,0039 vergrößern, so daß nicht bloß Zerklüftung, sondern Auftürmung eintritt. Die „Fram" z. B. hatte von Anfang 1894 bis in das Jahr 1896 hinein einen Eiswall von 9 m neben sich. Dannenhauer erzählt, wie im ersten Winter die

„Jeannette" (1880) die stärksten Eispressungen Mitte Januar erfuhr, wobei beständig Eismassen unter ihrem Kiele durchgingen, während sie selbst im Eise festsaß; und während sich auf allen Seiten offene Stellen bildeten, wurde das Schiff durch das Eis unter seinem Kiele immer höher gehoben, wobei einzelne Schollen auf 7 m Dicke anwuchsen. Das Eisfeld, in dem die „Jeannette" 21 Monate gedriftet hatte, barst endlich nur dadurch, daß es an Henrietta-Insel gleichsam hängen blieb und nach Nordwesten herumgedreht wurde. Offenbar sind diese Bewegungen nicht in allen Teilen der Eismeere gleich. Im Südlichen Eismeer sind sie wahrscheinlich nicht so stark wie im Nördlichen, weil in dem ozeanischen Klima der Antarktis die Temperaturunterschiede kleiner sind. Die Schilderung des sehr gefährlichen Eiszustandes bei James C. Roß im Januar 1841 deutet auf etwas, was man eher gewaltige Brandung am und im Eis als Eispressung nennen möchte. Nansen beobachtete, wie auf dem offenen Meer die Eispressungen regelmäßig zur Zeit der Springfluten eintraten; innerhalb 24 Stunden schob sich das Eis zusammen und lockerte sich wieder. Im inneren Polarbecken waren sie unregelmäßiger.

Wir heben aus Weyprechts Studien über das Polareis seine Eindrücke von den Eispressungen heraus, die der „Tegetthoff" auf der Drift nach Franz Josephs-Land erfuhr: „Langsam krämpelt das heranrückende Feld das junge Eis, das schon einen halben Fuß dick geworden ist, vor sich auf und schiebt den ganzen, immer höher werdenden Haufen vor sich her gegen das Schiff. Dicht vor dem Steven trifft es auf das stärkere, ältere Eis, bricht auch dieses auf und marschiert ruckweise gegen das Schiff heran. Wir haben einige Stunden Ruhe, dann kommt aber drehende Bewegung in das Feld, und eine hohe Kante schiebt sich langsam, Zoll für Zoll, über unser eigenes Feld herüber, über Backbord auf das Schiff los. Hier kommt sie zum Stillstand, aber nur auf kurze Zeit. Der Berg aus Eisblöcken, den das Feld vor sich herdrückt, wird immer höher und ist am nächsten Abend nur noch wenige Fuß vom Bug des Schiffes entfernt. Er hat eine Höhe von 20 Fuß, und auf seiner Spitze liegt ein 6 Fuß dicker, mächtiger Eisblock, der das Deck des Schiffes fast um das Doppelte überragt. Wenn die Bewegung sich noch kurze Zeit fortsetzt, so muß der Bug zertrümmert werden. Um Mitternacht kommt das Eis endlich zur Ruhe; durch ein paar Tage knistert und knackt es noch unheimlich in demselben, dann friert aber alles solid zusammen, und der Berg sinkt unmerklich unter seiner eigenen Schwere vor uns ein. Nach einer Ruhepause von drei Wochen verkündete das Krachen im Schiffe neue Bewegungen des Eises; ein großer Sprung öffnet und schließt sich, unaufhörlich arbeitet es in demselben; für kurze Zeit überfroren, öffnet er sich immer von neuem. Dann fing, Anfang Januar, das ganze Eis in unserer Umgebung zu knistern an, die meisten der schon überfrorenen Sprünge sprangen wieder auf, und neue bildeten sich dazu, so daß jetzt das Eis im vollsten Sinne des Wortes zersplittert ist. Das Geräusch und die leichten Sprünge sind zwar an und für sich ohne Bedeutung, aber man weiß nie, was folgt, sobald einmal Bewegung im Eis ist. Von einem Augenblick zum anderen kann aus einem scheinbar harmlosen Sprunge eine Eismauer in die Höhe steigen, die alles begräbt, was in ihrer Nähe ist. Am 22. Januar erhob sich mit einem Stoß, der das ganze Schiff erzittern machte, eine Eismauer hoch über das Deck, die hinter dem Schiff 10 m emporragte und sich in der Mittagsdämmerung nach Nordosten und Südwesten verlor; die seit einem Monat gebildeten Sprünge waren zusammengegangen, die Eisflarde, auf der ein Kohlenlager errichtet war, war mitsamt den Kohlen um 4 m gehoben worden. Alle paar Tage mußten die auf das Eis gebrachten Vorräte an eine andere Stelle getragen werden, und nicht selten wurde die alte kurz darauf vom Eis verschüttet oder verschwand in der Tiefe." Nach dieser Pressung schrieb Weyprecht Ende Januar in sein Tagebuch: „Wir liegen jetzt derart eingekeilt, daß wenig Wahrscheinlichkeit vorhanden ist, daß das Schiff wieder frei wird. Steuerbord liegt vom Oktober her das Eis sehr schwer, vorne haben wir neue Wälle von verschiedenem Datum, rückwärts und Backbord ist die hohe Mauer, alles dicht beim Schiff. Wir selbst liegen auf einer Eisblase in die Höhe geschraubt. Die obere Eisdecke ist durch die untergeschobene Eismasse hoch emporgedrückt. Mit jedem neuen Sinken der Temperatur entstanden neue Bewegungen im Eis. Dem Temperaturgang entsprechend, wurden die Pressungen im Spätwinter viel stärker, als sie im Frühwinter gewesen. Vom 18. Februar an lag das Schiff eingemauert in Eisklötzen regungslos zwischen den Wällen aus Eis, die es auf allen Seiten umgaben, bis zum Tage, wo wir auf Nimmerwiedersehen Abschied nahmen von unserer zweijährigen Heimat."

Das Packeis.

(S. die untenstehende Abbildung.)

Der gegen das Eis wehende Wind verdichtet und schließt die Eiskante, indem er das Eis zusammendrängt und übereinanderschiebt, und bildet eine zusammenhängende Linie, in der man Einbuchtungen und Öffnungen erst wahrnimmt, wenn man nahe herangekommen ist. Weht dagegen der Wind vom Eis her, so zerteilt er es, die weiße Mauer öffnet sich, und die Eisfelder treiben auseinander. In der Beringsee und im Ochotskischen Meer gilt seit langem die Erfahrung, daß das Eis viel schneller aufbricht und verschwindet, wenn Wind und Strömung von ihm herkommen, als wenn sie ihm entgegenstehen. Die wissenschaftlichen Beobachtungen dieser

Arktisches Packeis. Nach F. Nansen.

Vorgänge lehren außerdem, daß das Eis zwar vor dem Winde treibt, aber mit der bekannten Ablenkung nach rechts. Je nachdem nun die Winde überwiegend von oder nach den Stätten starker Eisbildung wehen, häuft sich Treibeis an oder bilden sich offene Stellen im Eismeer. Daher die Begünstigung der Eismeerschiffahrt in bestimmten Gebieten und Jahreszeiten, ihre Erschwerung in anderen, wie sie den Walfischfängern längst bekannt ist.

An der Ostküste von Spitzbergen, Nowaja Semlja, Franz Josephs-Land, Grönland und vielen Inseln des amerikanischen Polar-Archipels liegt das Eis dichter als vor der Westküste. Nur an den Westküsten dieser Inseln ist man weit nach Norden vorgedrungen, und alle diese Länder sind viel früher auf ihrer Westseite bekannt geworden als auf ihrer Ostseite. Auch das sogenannte Landwasser, das zunächst durch vom Lande abrinnendes Schmelzwasser entsteht, ist unter den Westküsten von größerer Ausdehnung als unter den Ostküsten. Indessen gewinnt es auch hier im Sommer durch die vom Lande rückstrahlende Wärme und den Schmelzwasserzufluß oft beträchtliche Breite, so daß zwischen Land und Packeis lange lagunenartige Streifen hinziehen.

Verhängnisvoll war die Wirkung der Eisumlagerung der grönländischen Ostküste auf die dortige ältere Kolonisation; sie schnitt Jahrhunderte hindurch alle Verbindungen mit Island und Europa ab. Haben doch selbst vor dem klimatisch begünstigten Julianehaab, der südlichsten unter den größeren grönländischen Ansiedelungen, die Schiffe oft drei Monate vor dem Eis liegen müssen. 1876 wartete dort Steenstrup vom 14. Mai an 30 Tage, bis er im Boot den Packeisgürtel durchdringen konnte. Die Entdeckungsgeschichte der Polarländer und -meere kennt besonders auch die Schwierigkeiten, die zusammengedrängtes Eis in den Meeresstraßen bereitet, welche breitere Meeresteile verbinden, wie die Karische und Jugorsche Straße und der Kennedy-Kanal.

Wohl kommen schwere Packeismassen in der Regel nahe beim Lande vor, aber es ist nicht damit gesagt, daß sie sichere Zeichen von Land seien. Vielmehr darf man annehmen, daß auf unseren Karten noch manche Küstenlinie gezeichnet ist, die eigentlich dem Packeis angehört, besonders in der Antarktis. Packeiswälle bilden sich im offenen Meer, wo Winde gegen Eisdriften wehen. Wir kennen genug Beispiele von im offenen Meere gebildetem Packeis, das ganz frei von Gletscher- und Landeis ist; seine Hauptmasse besteht aus oft meilengroßen und 10—15 m dicken Feldern, die nicht selten noch größere Massen durch Übereinanderschiebung erzeugen. Nach einem Sturme begegnete Dorst einer kürzlich gebildeten Eismauer, die über 35 m hervorragte und 100 bis 160 m Seitenlänge hatte.

Scoresby hat als Südeisjahre jene Jahre bezeichnet, in denen das Eis im Nördlichen Eismeer geschlossen bis 70° und darüber herabreicht, so daß man dann sogar nicht mehr nach Jan Mayen oder der Bäreninsel vordringen kann. Als solche Jahre nannte er 1806, 1811 und 1812, aber ein ebenso entschiedenes Südeisjahr war auch 1881, wo noch Anfang Juli Spitzbergen nicht erreicht werden konnte und noch Ende desselben Monats Kostinscharr eisverschlossen war. In denselben Jahren fuhr man hinter dem Eisgürtel in weit offenem Wasser und erkannte, daß ein Südeisjahr günstiger für die Eisfahrt sein könne als ein Jahr nach einem Winter voll West- und Südweststürmen, die zwar das Eis weit nordwärts zurückdrängen, es aber zugleich in den polnäheren Teilen des Eismeeres zusammenschieben. Südeisjahr und warmer Sommer geben zusammen wahrscheinlich die günstigsten Bedingungen für das Vordringen gegen den Pol. So erklärt sich auch die alte Erfahrung, daß, wenn man das im Sommer oft bis zur Bäreninsel liegende Treibeis durchbrochen hat, man dahinter in ein Meer mit lockerem Eis einfährt, das wenige Wochen später sogar die Fahrt um die Nordküste Spitzbergens erlaubt. Für die Baffinbai (s. auch die Karte, S. 274) steht heute fest, daß in ihr nur bei dauernden und heftigen Süd- oder Südwestwinden ein Eiswall sich bildet. Bleiben diese aus, dann ist dieser Meeresteil früh weit offen und bleibt so bis nach Disko spät im Jahr, angeblich bis in den November. Wehen dieselben Winde weiter im Norden in den Smithsund, so treiben sie in diesem das schwere Eis der Küste Nordgrönlands und Grinnell-Lands zurück. Derselbe Wind, der die Schiffahrt in der Baffinbai erleichtert, hemmt sie dann im Smithsund.

Die Polarexpeditionen haben diese Schwankungen zu ihrem Schaden erfahren. Sie waren das Schicksal der Parryschen Schiffe „Hekla“ und „Fury“, die 1824 schon in der Baffinstraße zwischen 73 und 74° nördl. Breite eingeschlossen wurden, und der Payer-Weyprechtschen Expedition von 1872. Bei deren Vorexpedition lag Ende August 1871 die Eiskante in der Barentssee durchschnittlich in 78° nördl. Breite und hatte Einbuchtungen bis 79°, wogegen zur selben Zeit im folgenden Jahr ein 100 Seemeilen breiter Treibeisgürtel vor der Westküste von Nowaja Semlja in 75° nördl. Breite lag. Auch die Geschichte der Fahrten im Südlichen Eismeer weist merkwürdige Fälle von Packeisgürteln auf, hinter denen weite Meeresteile offen lagen.

Sieht man ab von den vergleichsweise geringen Hindernissen, welche die antarktischen Inselketten und Untiefen dem Hinaustreiben des Eises über die Packeisgrenze bereiten — unter dem südlichen Polarkreis dürften, selbst wenn Wilkes-Land als in ganzer Ausdehnung existierend angenommen wird, noch vier Fünftel des ganzen Umfanges offen sein — so wird im Südlichen Eismeer das Eis außerordentlich leicht abtreiben können, denn dies wird nur von den bewegenden Kräften: Wind und Strömung abhängen. Letztere aber lassen in Gemeinschaft mit der günstigen

Die Eisverhältnisse im Cumberlandsund, Baffinland. Nach F. Boas. Vgl. Text, S. 273.

Beckengestaltung des Südlichen Eismeeres jenen Typus der Packeisformation hier häufiger auftreten, den wir durch Scoresby in der Region des einzigen breiten Ausganges des Nördlichen Eismeeres zwischen Spitzbergen und Grönland als Südeis kennen gelernt haben. Im Südlichen Eismeer hat ein Nordeiswall manchmal den Zugang in das innere Eismeer erschwert, dafür aber gab es dann jenseits der weit vorgeschobenen Packeisgrenze günstige Gelegenheiten für das Erreichen hoher Breiten. Das erfolgreiche Vordringen Weddells von 1823 ist ein beredtes Beispiel: unter 68° südl. Breite eine gefährliche Fahrt unter zahllosen Eisbergen, unter 72° ein eisfreies Meer, soweit der Blick reichte, und am südlichsten Punkt, 74° 15′, nichts, was den freien Meereshorizont überragte, als vier kleine Eisberge. Wir wissen jetzt, daß an diesen

Verhältnissen die Südostwinde der inneren Antarktis den wesentlichsten Anteil haben. Ihnen dankt man auch die offenen Stellen unter Victorialand. Borchgrevink gibt jedem nach Victorialand bestimmten Schiffe den Rat, nicht über den 170. Grad östl. Länge westwärts hinauszugehen. Wenn wir die Punkte vergleichen, an denen die Erforscher des Südmeeres auf Packeis trafen, so liegen sie zwischen 59° (Biscoe 1831) und 71° 30′ (Roß 1843).

Die antarktische Packeisgrenze schwankt erheblich um den Polarkreis, fällt aber in vielen Punkten mit demselben zusammen. Sie macht jedoch eine beträchtliche Ausbiegung nach Norden gegen Neuihetland und Adelieland und zwei Einbiegungen auf den Routen von Cook, Weddell und Roß, 110° westl. Länge, 30° westl. Länge und 180° östl. Länge. Von ihrer großen Veränderlichkeit liefert die Geschichte der antarktischen Entdeckungen lehrreiche Beispiele. Auf demselben Meridian, 33° westl. Länge, auf dem

Kanäle im arktischen Eis. Nach F. Nansen.

Weddell am 15. Februar 1823: 74° 15′ südl. Breite erreicht hatte, hat Dumont d'Urville in gleicher Jahreszeit nicht über den 64. Grad hinauskommen können, und Roß gelangte dort auch nur bis 65° 15′. Roß stieß bei seiner zweiten Expedition auf eine Eisschranke 5° oder 300 Seemeilen weiter nördlich als das Jahr vorher. Und daß mit diesen Änderungen der Lage auch Änderungen der Zusammensetzung Hand in Hand gehen, lehrt die Thatsache, daß dieselbe Packeismasse, die er das erste Mal in 4 Tagen durchschifft hatte, ihn das zweite Mal 46 Tage lang beschäftigte, in denen er 400 Seemeilen im treibenden Eis machte. Neueisbildung ist bei den vorherrschend niederen Temperaturen hier bei der Befestigung des Packeises besonders wirksam. Die Bildung von „pancake ice“ bezeichnet James C. Roß als einen im antarktischen Spätjahr (März) stets in der Nähe des Packeises zu beobachtenden Vorgang. Dasselbe war nur mit starker Brise zu durchbrechen.

Das offene Polarmeer.

Kann man auch nicht geradezu von einem offenen Polarmeere sprechen, so ist es doch in einem viel weiteren Sinne, als man einst glaubte, gestattet, von offenen Teilen des Polarmeeres zu sprechen. Bekannt sind die offenen Kanäle (s. die obenstehende Abbildung), welche in

günstigen Jahren, zuerst 1879, 1880 und 1881, immer in der Gegend des 55. Grades östl. Länge, die Barentssee bis Franz Josefs-Land durchsetzend, gefunden wurden. Wir wissen jetzt, daß sie eine wiederkehrende Erscheinung sind. Überhaupt haben uns die mit bewundernswerter Ausdauer sechs Jahre lang fortgesetzten Fahrten der Holländer in die Barentssee Klarheit darüber verschafft, daß man ziemlich regelmäßig im Juli und August bis 76° nördl. Breite im offenen Meer fahren kann, oft selbst noch Anfang September. Darüber hinaus wissen wir aus Jacksons, Nansens und des Herzogs der Abruzzen Beobachtungen, daß geradeso wie in Spitzbergen und Nowaja Semlja auch in Franz Josefs-Land offenes Meer an der Westseite selbst im Winter häufig auftritt, und daß südliche Winde das Eis mit Leichtigkeit nach Norden treiben, woraus Nansen mit Recht geschlossen hat, daß wenigstens König Oskar-Land nur klein sein könne. Nares erzählt, daß beim Winterquatier der Discovery die offenen Stellen der Flutspalte schon Anfang Juni erschienen, daß Ende Juni das Auftauen begann und nach dem 1. Juli energisch fortschritt. Aber erst nach dem 20. Juli setzten stärkere Bewegungen ein, deren eine am 23. Juli das Packeis bei starkem Südwest fast 2 km weit vom Lande wegtrieb. Derartige offene Stellen werden häufiger sein in ausgedehnten Meeren mit starken Gezeiten und Strömungen als in kleineren Meeresteilen, denen diese Werkzeuge zur Zertrümmerung des Eises fehlen.

Das offene Polarmeer ist eine mythische Vorstellung, die schon die Eskimo hegten, und deren Wurzeln in beobachteten Thatsachen ruhen. Schon Kapitän Roß (1818) erfuhr von Eskimos in Melville Bay, in der Nähe der Bushnan-Insel, daß ihre eigentliche Heimat weit im Norden sei, eine bedeutende Entfernung von Melville Bay, und wo „viel offenes Wasser" sei. Dann tauchte in jedem Jahrzehnt das Phantom wieder auf. Inglefield sah ein „Meer ohne Eis" jenseits vom Kap Alexander, soweit seine Blicke reichten. McClintock, Kane, Hayes gaben dem Phantom Bestand. Der Wasserstreifen an Sibiriens Nordküste (s. oben, S. 246) wurde in den Berichten Hedenströms und Leontiews vergrößert und als „Polynia" zu einem offenen Meeresteil. Als 1864 Mühry eine „Verteidigung der Ozeanität am Nordpol in meteorologischer Hinsicht" schrieb, führte er aus der Beobachtung noch den dunkeln Wasserhimmel, den jeder weit nach Norden Vorgedrungene vor sich sah, die nach Süden sich bewegenden arktischen Eismassen und die Thatsache an, daß Nordwinde das Meer eisfrei machen. Noch Weyprecht, als er 1872 mit Payer die Fahrt antrat, die sie nach Franz Josefs-Land führen sollte, schwebte das Eindringen in die Polynia vor, und er hielt Meeresströmungen für die einzigen mächtigen Regulatoren des Treibeises. Aber gerade die Erfahrungen dieser beiden Reisenden haben endgültig mit der Vorstellung von einem offenen Polarmeer aufgeräumt.

Altes Eis.

Die kurzen Sommermonate können unmöglich alles in einem Winter von 10 Monaten gebildete Eis wieder vollständig in Wasser verwandeln; das gelingt auch selbst nicht in stürmischen und von Strömungen vielbewegten Meeren, wo sicherlich die Sturmwellen den Hauptanteil an der Zerkleinerung des Eises haben. Und ebensowenig kann alles Eis in derselben Jahreszeit, in welcher es sich gebildet hat, durch die Strömungen aus den Eismeeren abgeführt werden. Das Aufeinanderprallen mächtiger Eisberge verwandelt wohl ein großes Maß mechanischer Arbeit in Wärme, aber der Betrag der letzteren ist sehr beschränkt im Vergleich zu den Quellen der Abkühlung. So muß es notwendig in den verschiedenen Teilen des Eismeeres „altes Eis" geben. Bleibt doch in Seen und Buchten noch südlich vom Polarkreis am Ende jeden Sommers ein Anteil alten Eises ungeschmolzen. Dieses alte Eis hat besondere Kennzeichen. Das vorjährige Eis ist stärker und an der Oberfläche höckeriger und löcheriger als das frisch gefrorene; ihm gleicht auch häufig das losgegangene Küsteneis, nur übertreibt dieses noch die Ungleichheit der Oberflächenformen. Durch Schnee, Brandungswasser u. s. w. werden häufig die Schmelzlücken ausgefüllt, und dann schichtet sich das Eis, wobei das ältere immer

EISBERGE IM SÜDPOLARGEBIET, WESTLICH VON LOUIS PHILIPPE-LAND.

Nach Original von Prof. *Pechuel-Loesche.*

dichter, durchsichtiger, blauer, salzärmer wird als das neuere. Die flachen Hügel des alten Eises umschließen Senken, in welchen dieses junge Eis sich bildet.

Die Ansicht, daß uraltes Eis im äußeren Polarmeer jenseits einer Linie Beringstraße-Nordgrönland liege, ist künstlich. In Wirklichkeit handelt es sich hier um gestautes Packeis von besonders großer Dichtigkeit, das man eine Küstenfacies des Polareises nennen kann, und zum Teil um Eisberge aus dem grönländischen Inlandeis. Nachdem schon Wrangell von seinen Begleitern die Sage von Torossen (Eisbergen) aus adamitischem Eis vernommen hatte, das so fest ist, daß es selbst am Feuer nicht schmilzt, war es Nares, der zuerst als paläokrystisches Eis eine Varietät des arktischen Meereises bezeichnete, die er, aus dem Smithsund durch den Kennedykanal nordwärts fahrend, zuerst bei Kap Frazer traf. Er nennt es auch „blaukuppiges" Eis, da seine hügelig gerundete Oberfläche aus dichtem, blauem Eis besteht. Greely sagt von dieser Oberflächenbeschaffenheit: sie gleicht hügeligem Land, hat ihre Höhen und Thäler, ihre Bäche und Seen; kurz das Eisfeld ist eine Insel, die aus Eis, statt aus Land besteht. Die einzelnen Massen dieses Eises zeichnen sich hauptsächlich durch Dicke und inneren Zusammenhang aus. Greely beschreibt die von ihm gesehenen als 6—16 m dick und in der Breitenausdehnung manchmal sehr mächtig. Ein paläokrystisches „Schollenfeld" war so groß, daß man 2 Tage brauchte, um mit dem Schlitten darüberhin zu fahren. Augenscheinlich sind auch jene großen Eiswürfel, die aus dem Inlandeis stammen, mit diesem paläokrystischen Eis zusammengeworfen worden. Die Naressche Ansicht, daß dieses alte Eis von unten her wachse, widersprach schon, als sie zuerst ausgesprochen wurde, allen thatsächlichen Beobachtungen; war doch damals Weyprechts klassisches Werk über die „Metamorphose des Polareises" schon erschienen. Seitdem haben wir von Nansen vernommen, daß er das älteste Eis, das er sah, auf nicht mehr als 5—6 Jahre schätze, und kein Eis dicker als 4 m habe gefrieren sehen.

Die Eisberge.

(S. die beigeheftete farbige Tafel „Eisberge im Südpolargebiet".)

Indem die polaren Gletscher und Inlandeismassen (vgl. unten den Abschnitt Gletscher) in das Meer hineinwachsen, brechen ihre Enden ab und schwimmen als Eisberge fort. Da diese Gletschereiswürfel und -brocken durch ihre Massenhaftigkeit besonders geeignet sind, der Wärme und dem Wellenschlag des Meeres zu widerstehen, begegnen wir ihnen noch weit jenseits der Treibeisgrenzen. Die Größe der Eisberge ist im einzelnen Falle schwer zu bestimmen. Im allgemeinen darf man annehmen, daß sie zu $7/8$—$8/9$ untergetaucht sind. Es kann also bei 100 m Eisberghöhe über dem Meer nicht erstaunen, wenn eine Gesamtmächtigkeit von 1000 m für möglich erachtet wird. Mächtigkeiten von 1500—1800 m, wie z. B. Croll sie voraussetzte, gehen allerdings über die beobachteten Maße hinaus. Die eisreichsten Polarländer liefern natürlich die größten und zahlreichsten Eisberge, weshalb die der Antarktis die arktischen an Menge und Größe übertreffen. Genaueren Messungen, als bis heute vorliegen, wird die Bestimmung vorbehalten bleiben, ob der Unterschied der antarktischen Eisberge von den arktischen in der Größe wirklich so bedeutend ist, wie er angegeben wird. Die Naressche Angabe, es sei die durchschnittliche Höhe der Eisberge, die er auf seiner Fahrt bis zum Polarkreis getroffen, 70 m mit $1/4$—$1/2$ Seemeile Durchmesser, ist nicht ausschlaggebend, weil seine Fahrt von der Kerguöleninsel südwärts und zurück nach Adelaide ihn mit nicht sehr zahlreichen Eisbergen in Berührung gebracht hat. Außerdem sind die Unterschiede der geographischen Breite zu groß, um eine mittlere Größe herauszurechnen. Müssen doch die Maße äquatorwärts rasch durch Abschmelzung abnehmen. Die „Valdivia" maß bei der Mehrzahl der von ihr zwischen 50 und 64° südl. Breite zwischen Bouvetinsel und Enderbyland beobachteten Eisberge nur 30 m mittlere Höhe; den höchsten sah sie in 60° südl. Breite, er war 54 m hoch und 575 m breit. Niedriger waren die Eisberge, die die „Belgica" bei Grahamsland und von da bis zum Polarkreis maß. Arktowski gibt nur 30 m Höhe und über 200 m Breite an. A. von Becker

hat eine Höhe von 63—70 m über dem Meeresspiegel im arktischen Meere bestimmt, und Weyprecht spricht von Eisbergen, die über 60 m aus dem Meere hervorragen und vielleicht andere 300 m tief in dasselbe eingetaucht sind, und deren Ursprung in den von tiefen Meeren bespülten polaren Gebirgsländern zu suchen sei. Drygalski gibt von Grönland als größte Eisberghöhen über dem Wasserspiegel ausnahmsweise im Jakobshavngebiet 100 m, im Karajakgebiet 70—80 m an. Den Breitenmaßen nach sind die Eisberge oft große Inseln. Im südlichen Eismeer sind einzelne von 5 Seemeilen Durchmesser keine Seltenheit.

Die Form der Eisberge ist je nach ihrem Ursprung und ihrer Geschichte verschieden. Zunächst besteht ein Unterschied zwischen den aus Inlandeis und den aus Gletschern geborenen: jene sind breite Tafelberge, die erst durch Wind und Wetter sich umgestalten, diese sind oft von Anfang an ganz regellos geformte Bruchstücke. Darin liegt auch zum Teil der oft übertriebene Gegensatz zwischen arktischen und antarktischen Eisbergen. In der Antarktis herrscht das Inlandeis vor, und außerdem ist ein arktischer Sommer mit seiner Luftwärme und Sonnenstrahlung unter allen Umständen mehr geeignet, Eisberge zu pittoresken Formen zu modeln als ein antarktischer. Im allgemeinen sind die antarktischen Eisberge mauerförmig gebaut, ihre Gestalt nähert sich der parallelepipedischen, ihre Oberfläche ist eben, die Seiten sind oft scharf abgeschnitten, kurz sie sehen wie Bruchstücke einer gewaltigen Hochebene aus, die sich beim Zerfall in Teile von gleicher Höhe zerlegte. So schildert James C. Roß die ersten Eisberge, die er in 63° 20′ traf, einförmig, aber groß, von massigem Bau, oben tafelförmig, an den Seiten steil. In Nordgrönland gibt es ebenfalls solche schwimmende Tafelberge; Ryder hat sie bei Hall Inlet in Ostgrönland 90 m hoch bei 1 km Länge und Breite gesehen. Bei den antarktischen Eisbergen tritt die Schichtung dichten und lockeren Eises deutlich hervor; diese regelmäßigen Rechteckblöcke sind oft aus gleichmäßig übereinandergeschichteten tiefblauen und schneeweißen Platten aufgebaut. Da die weißen Schichten rascher schmelzen als die blauen, wirkt diese Bänderung auch auf die Umgestaltung der älteren Eisberge ein. Das blaue Eis wiegt in den tieferen Teilen vor, während die oberen die Schneeschichten von Jahren zeigen. Die Eisberge, die von den Gletschern der 3600 m hohen Ballenyinsel stammen, schildert Borchgrevink: „bedeckt mit mehreren Ellen tiefem Schnee auf der verhältnismäßig kleinen Fläche über Wasser, und unter Wasser in lange scharfe Spitzen auslaufend“ als Monitors von gefährlicher Art.

Auch in der Antarktis kann man die von Gletschern abgebrochenen und oft kopfüber ins Meer gestürzten Eisberge von denen unterscheiden, die von dem langsam in das Meer hinabgeflossenen Inlandeis sich abgelöst haben und ruhig fortgeschwommen sind, wobei sie alle Merkmale des Eiswalles bewahren. Gewöhnlich bildet eine 10—12 m dicke weiße Firnschicht den oberen Teil solcher Eisberge, offenbar aus dem Schnee der letzten Jahre gebildet, an dessen Verfirnung auch der Winddruck mitgearbeitet hat. Darunter liegt das grüne, gebänderte Gletschereis, das die Hauptmasse dieser Eisberge bildet.

Mit der Sonne und dem Regen arbeitet die Brandung an der Umgestaltung und Verkleinerung der Eisberge, die daher am größten und, soweit sie Inlandeisgeburten sind, am regelmäßigsten in der Nähe ihres Ursprunges auftreten. Dort sieht man Eisberge, die genau die Steilwand des Inlandeises wiederholen, von dem sie abgebrochen sind, und selbst noch die Gletscherspalten tragen. Die Dünungswellen arbeiten pulsierend eine horizontale Hohlkehle rings um den Eisberg heraus, die schon durch die weiße Färbung von eingepreßter Luft sich abhebt. Hat ein Eisberg seine Lage verändert, so sieht man diese Furche in anderer Höhe oder Lage als eine besondere Art von Strandlinie den Eisblock umgürten (s. die Abbildung, S. 279). Die Brandung wirft bei

Sturm ihre Wellen mit Donnergetöse gegen die Wände und bis über den First des Eisberges. Sonne und Regen arbeiten redlich mit, der Frost sprengt vermittelst eindringenden und gefrierenden Wassers, und im Nördlichen Eismeer sind die weit nach Norden vordringenden warmen Tiefwässer unter dem Meeresspiegel wirksam. Ein schönes Beispiel von Küstenabrasion! Die Arbeit der Wellen schreitet aber in der Regel rascher voran. Daher liegt eine große Gefahr der Eisberge darin, daß sie unter dem Meeresspiegel weit vorspringen und mit mächtigen submarinen Kanten und Spornen den Schiffen wie verderbliche Monitors entgegenschwimmen. Dabei bleibt oft nur ein Turm, eine Bastion, ein Bogenthor oder auch nur eine

Ein Eisberg im antarktischen Meere. Nach Photographie der Valdivia-Expedition. Vgl. Text, S. 278.

unbedeutende Mauer auf dem Eisfundamente stehen, die amphitheatralisch ausgewaschen ist. Spalten, die ursprünglich kaum sichtbar den Eisblock durchsetzten, werden durch die zerstörenden Kräfte erweitert und beschleunigen den Zerfall.

Die **Zahl der Eisberge** schwankt örtlich und jahreszeitlich in hohem Grade. Wo zahlreiche Gletscher und Inlandeiszungen ans Meer herantreten, müssen viele Eisberge entstehen. Oft ist beschrieben worden, wie zahlreich sie in gletscherreichen Fjorden Grönlands sind, wo Helland sie in der Bucht von Jakobshavn so zahlreich sah, „daß man, von den umliegenden Bergen herabschauend, den Fjord vor Eisbergen und Eisfragmenten gar nicht sieht“. Biscoe schildert, wie er 1831 den südlichen Polarkreis in 82° westl. Länge angesichts von 250 großen Eisbergen überschritt. Dumont d'Urville ging 1840 von Tasmanien geradeaus nach Süden, wobei bei 60° südl. Breite die ersten Eisberge erschienen, und da sie immer größer und zahlreicher wurden, schloß er, daß sie von einem Lande kommen müßten, das denn auch nicht

zauberte, eisumgürtet aufzutauchen. Im seichten Wasser bleiben sie liegen und bilden als „gestrandete Eisberge“ lange Ketten vor den Küsten, oft auf mehrere Seemeilen meerwärts verteilt. Roß war erstaunt, im offenen Meer vor Kap Crozier Eisberge ruhig liegen zu sehen, und fand durch die Lotung auf 460 m seine Vermutung bestätigt, daß sie festsaßen.

Umschlossen von zwei breiten Landmassen mit ausgesprochen kontinentalem Klima, ist das Nördliche Eismeer viel gletscherärmer und eisbergärmer als das Südliche. Das trockene, kalte Klima läßt aus den Festländern Eurasiens und Nordamerikas nur wenige große Gletscher

Die Eisverhältnisse vor Neufundland im Jahre 1897. Nach den Annalen der Hydrographie, 1897. Vgl. Text, S. 243, 267, 268, 280 und 284.

an dieses Meer herantreten. Nur Grönland, das nördliche Spitzbergen, Nowaja Semlja und Franz Josefs-Land tragen, soweit unsere Kenntnis reicht, eisberggebärendes Inlandeis. Selbst in Grinnell-Land erreichen die Gletscher kaum das Meer. Sehr große Eisberge liefert im Norden nur Grönland. Die Eisberge von Franz Josefs-Land und von Spitzbergen, von Nordostland und König Johann-Land sind nicht so zahlreich und nicht entfernt so groß wie die grönländischen; Nansen gibt 20 m an, 5—7 m über dem Wasser, Jackson maß als Maximalhöhe auch nur 22 m. Dagegen ist dieses interkontinentale Meer ungemein geeignet, Meereis in Massen zu bilden und zu erhalten. Die Kälte, die Abgeschlossenheit, die geringe Tiefe weiter Strecken, die große Zahl der Buchten und Sunde, alles ist dafür günstig. Im Südlichen Eismeer dagegen liegen beschränkte Länder in einem weiten Meer, das von dem Einfluß der großen Landmassen

durch breite Meeresteile getrennt ist. Die am nächsten an die Antarktis herantretende Landmasse, Amerika, ist immer noch von den vorgeschobensten antarktischen Inselgruppen 6—7 Breitengrade entfernt. Ein feuchtes Klima mit kühlen Sommern und fast nur in fester Form fallenden Niederschlägen begünstigt die Gletscherbildung ebensosehr, wie das von Sturm= und Dünungswellen bewegte, nach allen Seiten offene Meer der Bildung starker Meereismassen ungünstig ist. Daher hier das große Übergewicht der Eisberge, die mit so gewaltigen Ausmaßen auftreten.

Schon Buache hatte aus den „selbst im Sommer" gesehenen großen Eismassen auf ein hohes antarktisches Land geschlossen, von dem große Ströme, die das Eis bringen, in das Südliche Eismeer sich ergießen. Seitdem ist oft der Schluß aus Eisbergen auf nahes oder fernes Polarland versucht worden und manchmal mit Glück. Eine sichere Thatsache, wie die von Nordenskiöld in den Diskussionen über das Karische Meer oft betonte, daß von den Gletschern des Franz Josefs=Landes wenig Eisberge in die Umgebungen von Franz Josefs=Land herabdriften, so daß das grünliche Gletschereis in dem dortigen Treibeis selten ist, deutete längst darauf, daß Franz Josefs=Land kein großes Land, sondern eine Gruppe kleiner Inseln sei. Wir dürfen dagegen wohl erwarten, daß das mächtige Eis des nordwestlichen Grönland von einem großen Polarlande stammt, um so mehr, als seine Formen an die der antarktischen Eisberge erinnern, die zweifellos von Inlandeis stammen. Weniger sicher erscheint uns die Ansicht Nordenskiölds begründet, daß das starke Eis in der Gegend der Bäreninsel und östlich davon „aus den Umgebungen eines noch unbekannten Polarkontinentes herabgetrieben" sei. Nansen hat auf der ganzen Schlitten= und Kajakfahrt von Nordosten her nach und durch Franz Josefs=Land keinen einzigen großen Eisberg gesehen; der größte war 20 m hoch. Das ist der stärkste Beweis gegen ein großes vereistes Land gegen den Pol zu. Wenn uns nicht ganz neue, unerwartete Beobachtungen über die Verbreitung der großen Eisberge vorgelegt werden, bleibt einstweilen Grönland das einzige arktische Land, das Eisberge von gewaltiger Größe und in Masse aussendet. Genaue Aufzeichnungen über Zahl und Größe der Eisberge werden auch in der Antarktis zur Klärung unserer Auffassungen über Lage und Ausdehnung des antarktischen Landes beitragen.

Schutt=Transport auf Treibeis und Eisbergen.

(S. die Karten, S. 280, 282 und 283.)

Die Eisberge und das von der Küste losgerissene Eis tragen den Schutt, der auf sie gefallen ist, ins Meer hinaus. Sie empfangen herabstürzende Blöcke und Schuttlawinen, aber auch feineren Staub und Sand, die dann oft in feinen Schichten weit in die Eisberge hinein zu verfolgen sind. Bei der großen Tiefe der Eisberge ist es auch nicht ausgeschlossen, daß sie von dem Meeresgrunde, den sie berühren, Schutt mit aufnehmen. Da einzelne Eisberge öfters genau an derselben Stelle liegen bleiben, wie z. B. John Roß am 23. Juli 1829 den ersten Eisberg in der Davisstraße in gleicher Länge und Breite beobachtete wie bei seiner ersten Reise, so fehlt es nicht an Zeit zur Aufnahme des Schuttes. Keineswegs treiben die Eisberge gleich nach ihrer Bildung von der Küste weg.

Schutttragende Eisberge sind oft gesehen worden. „Steinblöcke auf Eisflößen" nennt sie Kane. Beispiele schuttbedeckter Eisberge in der Antarktis finden wir bei Roß häufig. In 66° südl. Breite und ca. 170° östl. Länge begegnete er einem, der so mit vulkanischem Schutt von anscheinend mehreren Tonnen Gewicht bedeckt war, daß man ihn von fern für eine Insel hielt. Am 15. Januar 1841 kippte in der Nähe von Possession Island ein Eisberg plötzlich um und bot eine schuttbedeckte Oberfläche, so daß auch er ohne diese Bewegung für eine Insel hätte gehalten werden können. Derselben Täuschung unterlag Weddell, als er 1823 den Polarkreis in 32° westl. Länge überschritt: es erschien ein so völlig mit Gesteinsschutt überdeckter Eisberg, daß man Land zu sehen glaubte. Nicht überall sind schutttragende Eisberge und Eisfelder gleich verbreitet. Nansen hat keinen einzigen auf seinen Fahrten im sibirischen Eismeer gesehen, allerdings ist er überhaupt keinem großen Eisberg dort begegnet. Offenbar bieten stark

vergletscherte und hochküstige, von Eisgürteln (s. unten, S. 284) umlagerte Länder die günstigsten Bedingungen für die Beladung des Eises mit Schutt.

Auf die Art, wie Treibeis sich mit Schutt belädt, wirft zunächst die Beobachtung ein Licht, daß Eisschollen und Eisberge, die durch Änderung des Gleichgewichts sich umdrehen, eine schlammbesetzte Unterseite zeigen, in die Steine eingebettet sind. Nares beschreibt ein solches Eisstück,

Verbreitungsbezirk des Pack- und Treibeises sowie der schuttbeladenen Eisberge auf der nördlichen Halbkugel. Nach Georg Hartmann.

das er an der Nordküste von Grinnell-Land sah; es hatte Aushöhlungen und Furchen an seiner früheren Unterseite und einige eingebettete, eisgeschrammte Steine. Nares schloß daraus, daß gestrandetes Eis auf dem Meeresboden hinschleifen und in Steinboden Schrammen, ähnlich wie der Gletscher sie verursacht, hervorbringen kann. James Roß sah an der Küste von Victorialand einen ganzen Eisberg sich so umdrehen, daß die schlammbedeckte Unterseite das Bild einer Insel aus Erde darbot. Wrangell unterschied im Treibeis der sibirischen Küste die Torosse, die schmutzig, oft mit Lehmerde gemischt sind, von den klar blauen und hielt dafür, daß jene in der

Regel die älteren seien, die also bei ihrem Umhergetriebenwerden mit dem Meeresboden und der Küste in nahe Berührung gekommen waren. Eine zweite Art des Beladens ist die des an der Küste liegenden Eises mit herabstürzenden oder herabgeschwemmten Massen; diese hat uns die Betrachtung des Küsteneises kennen gelehrt. Verwandt ist die Bedeckung des Eises durch den Schlamm und Sand der ins Meer mündenden Flüsse. Georg Hartmann nennt in seiner

Verbreitungsbezirk des Pack- und Treibeises sowie der schuttbeladenen Eisberge auf der südlichen Halbkugel. Nach Georg Hartmann.

Arbeit „Der Einfluß des Treibeises auf die Bodengestalt der Polargebiete" noch Beladung durch Wind mit Staub und Beladung durch Vulkanausbrüche.

Indem nun die Eisberge und das Treibeis ihren Schutt fallen lassen, bedecken sie den Meeresboden in einem weiten Gebiete um die beiden Pole mit jenen „terrigenen" Ablagerungen, deren Steinblöcke, Sand und Schlamm den Eistransport bezeugen. Schon jetzt haben die Tiefseeuntersuchungen so manchen Steinblock zu Tage gefördert, z. B. den 5 Zentner schweren, gletschergeschrammten Block aus rotem Sandstein, den die „Valdivia" aus 4600 m Tiefe bei Enderbyland

heraufgehoben hat; die Zukunft wird uns noch viel mehr davon bringen. Es wird eine besondere Aufgabe der Meereserforschung werden, die Grenzen der Eisbergdriften, die mit dem Klima schwanken mußten, in den konzentrischen Eisschuttwällen, Eisbergmoränen könnte man sie nennen, des Meeresbodens nachzuweisen.

An gewissen Stellen schmelzen oder stranden mehr Eisberge als an anderen und häufen den Schutt, womit sie beladen sind, dort auf. So ist sicherlich wenigstens ein Teil der Masse der Neufundlandbänke (s. die Karte, S. 280) auf die Vernichtung des treibenden Eises bei der Berührung mit dem Golfstrom zurückzuführen. Auch der blaue und grüne Thon ist so zu deuten, den der „Challenger" vor der antarktischen Eisschranke vom Meeresgrunde heraufgebracht hat, und den Murray als das Ergebnis der Zerreibung alter Gesteine der Inseln und Kontinente bezeichnet. Hovgaard hat denselben Ursprung für die Dymphnabank im Karischen Meer angenommen. Für solche Bildungen kommen besonders strandende Eisberge in Frage, die klippenartige eisige Fortsetzungen von Landzungen bilden, deren untermeerischen Ausläufern sie aufsitzen. Kleinere Eisberge trägt die Flut auf den Strand; Lockwood sah bei Kap Beechey 9 m hohe Eisberge auf dem Trockenen liegen. Ein großer Teil der Strandlinienablagerungen an den Küsten des Eismeeres stammt von dem gegen die Küste gedrückten Treibeis, das im seichten Ufermeer den Grund in die Höhe preßt, ihn samt seinem eigenen Schutt beim Schmelzen und Zertrümmertwerden fallen läßt und endlich durch seine Wallbildung den vom Lande herabgeführten Schutt aufhält. Nares spricht die bis 300 m hoch ansteigenden Strandlinien des Grinnell-Landes direkt als Ablagerungen an, die unter denselben physikalischen Bedingungen entstanden sind, wie sie jetzt herrschen, und findet auch organische Reste in ihnen, wie sie heute im Eismeer leben. Bei der Beurteilung der Eisschrammungen und Abglättungen an Küstenvorsprüngen, die man immer gleich bereit ist, den Gletschern zuzuschreiben, muß man im Auge behalten, daß auch Treibeis, besonders wenn es Schutt trägt, im stande ist, zu schrammen und abzuschleifen.

Das Küsteneis oder der Eisfuß.

Wo steile Uferfelsen ins Meer tauchen, treiben Eisschollen an, gefrieren losgerissene Teile der Brandungswelle, sammelt sich Schnee, den vom Ufer herabrinnendes Schmelzwasser durchtränkt, und aus dem allem entsteht eine hinaustretende Eisleiste („Eisfuß"), deren Oberfläche mit der Zeit breit genug wird, um Schlitten tragen zu können. Im Frühsommer fangen am Fuße dieser Eisbauten Salzwasserstreifen an hervorzutreten, während von oben her Schmelzwasser Thäler in den Eisfuß schneidet. Lawinen reißen Teile davon mit sich. John Roß schildert eine große Eislawine, die im Juli 1833 mit Wasser und Steinen stürzte, den Eisfuß „wie einen Spiegel" zertrümmernd. Wenn der Eisfuß 30 m seewärts hinausgewachsen ist und zu 20 m Höhe und darüber durch Eispressung sich erhoben hat, repräsentiert er eine Eismasse, die allein schon durch ihr eigenes Gewicht bedeutend ist. Nicht nur äußerlich ist sie oft schwer von einem Eisberg zu unterscheiden, sondern es gehen in ihr sicherlich durch Massendruck Veränderungen vor sich, welche an den Gletscher selbst erinnern, mit dem schon Kane den Eisfuß verglichen hat. Indem das einmal angelagerte Eis heraufgedrängt und neues ihm angefügt wird, baut sich oft ein zweiter und dritter Eisfuß zu einer Stufenterrasse übereinander.

Das an der Küste festgefrorene, sie wie ein Eisrand oder fester Eisgürtel umgebende Eis trägt denselben Namen wie der Teil eines oberflächlich abgeschmolzenen Eisfeldes, der unter dem Meer oft weit vorspringt und begreiflicherweise von den Schiffern gefürchtet wird. Nansen nennt daher jenes Küsteneis und beschränkt den Namen Eisfuß auf diesen Vorsprung.

Bewirken auch Stürme und Gezeiten manche Brüche im Eisfuß und belädt ihn auch der Abbruch der oft zu 300 m und mehr überragenden Felswände mit wahren Schuttströmen, so ist er doch besonders in der Winterszeit unter der kombinierten Wirkung von Schnee, Frost und Wasser oft für Schlitten der einzige Weg zwischen dem Packeis und dem Land, sogar auf Kilometer hin nahezu glatt und eben, daher von unschätzbarem Werte, aber wegen seiner Vergänglichkeit unzuverlässig. Als Morton Ende Juni von Rensselaer-Hafen aus seine Schlittenfahrt nach Norden unternahm, mußte er mit der Gefahr rechnen, den bereits auf weniger als 1 m eingeschrumpften Eisfuß nicht mehr vorzufinden, wenn er zurückkehren würde. Glücklicherweise hatte aber in jenem Jahre die Neubildung durch verkittendes Jungeis schon vor Mitte August wieder begonnen.

Mit dem Eisfuß verbindet sich ein Schuttstreifen, der durch Absturz von den steilen Klippen entsteht und durch Eis einen größeren Teil des Jahres verkittet ist. Der Frost löst Blöcke los, die Hauptmasse stürzt aber im Frühsommer. Wenn die Wärme in den Schluchten und Ritzen der Küstenwände wirksam wird, donnern und knattern unaufhörlich einzelne Blöcke und Steinsalven herab. Auch Stürme lösen gefährliche Steinfälle aus, wie Greely bei Kap Black im April 1882 beobachtete. Als Kane im Juni 1855 die Six Miles Ravine bei Ital passierte, vermochte er die erschrockenen Hunde kaum bei diesem Trümmerkatarakt vorbeizubringen, zu dem auch Moränen von Küstengletschern beitragen. Langsam abschmelzendes Eis, welches einen Stein ruhig auf einen anderen sich lagern läßt, erklärt wohl die große Zahl der Steintische, welche dabei sich bilden.

D. Das Meer in der Geschichte.

Inhalt: Die Größe des Meeres in der Geschichte. — Die Erfindung der Schiffahrt. — Das Wesen der Seeherrschaft und der Charakter der Seevölker. — Der Kampf mit dem Meere.

Die Größe des Meeres in der Geschichte.

So wie in der Weite des Meeres die kleinen Inseln gleichsam verschwinden, so überschatten die ozeanischen Wirkungen im Leben der Völker, die aufs Meer hinausgehen, alle Wirkungen des Landes. Natürlich gilt dies vorzüglich von den Bewohnern der ozeanischen Inseln, die ohne ein inniges Vertrautsein mit dem Meere gar nicht ihren Weg bis zu den fernen Eilanden gefunden hätten. Ihr Horizont, ihre Nahrungsquelle, ihr Lebenselement ist das Meer, ins Meer steigen zuletzt die Seelen ihrer Abgeschiedenen hinab. Was Wunder, wenn für sie die ganze Welt eine meergeborene ist? Der Horizont der Völker, die das Meer rings um sich ansteigen sehen, wird immer weiter sein als der der Landbewohner, deren Blick Wald oder Berge verdunkelnd einhegen. Diese Weite kräftigt und schärft nicht nur ihren Blick; in die Seele der Seevölker wächst aus den endlosen Horizonten ein Zug von Kühnheit und Ausdauer hinein. Seehelden verdanken wir die größten Erweiterungen unseres Gesichtskreises, die Vollendung des Weltbildes von heute. Das weite Meer erweitert den Blick des Kaufmannes wie des Staatsmannes. „Nur das Meer kann wahre Weltmächte erziehen.“ Ist es nicht der Odem des Meeres, der unsere Brust erweitert und unser Blut rascher fließen macht, wenn wir die Geschichte der Hansa aufschlagen und mit ihr die beengte und beengende Jammergeschichte des Inneren von Deutschland zu derselben Zeit vergleichen?

Das Meer, das trennt und verbindet, wird eben dadurch zum Träger des Fortschrittes in der Geschichte. Vermöge seiner Größe, die fast das Dreifache des Landes ist, legt es sich zwischen die Inseln und macht sogar Erdteile zu Inseln. Dadurch entstehen die größten Sonderungen und

Unterschiede an der Erde. Da nur im Unterschied Bewegung liegt und Einförmigkeit Stillstand ist, bedeutet jegliche Ablösung und Sonderung Förderung und Fortschritt des Lebens. Wir haben die Wirkung der insularen Absonderung auf alles Leben zu schildern versucht (vgl. Bd. I, S. 356 u. f.). Was könnte nun der Zerlegung und Absonderung der Völker besser dienen als das Meer? Sind nicht die inselreichen Meere die an belebenden Völkerverschiedenheiten reichsten? Nicht daß ein einzelnes Volk auf gegliedertem Küstensaum sich über andere erhebt, ist das Geheimnis der hohen Kulturentwickelung im Mittelmeergebiet, sondern daß das Mittelmeer ursprünglich die Völker genug trennte, um sie ihr Eigenstes ungestört entfalten zu lassen und dann auf höherer Stufe sie wieder zu befruchtender Wechselwirkung zusammenführte. Amerikas Verhältnis zu Europa, eine der größten Thatsachen in der Geschichte der Menschheit, ruht ganz auf der geschichtlichen Wirkung der Trennung und Verbindung durch den Atlantischen Ozean.

Der Panamakanal bei Culebra, 1890. Nach Photographie von F. Regel. Vgl. Text, S. 287.

Der Flächenraum jedes Meeres und jedes Meeresteiles hat seine geschichtliche Bedeutung. Von Küste zu Küste und von Insel zu Insel ist die Geschichte über die Meere hingewachsen, zuerst über die engen, dann über die weiten, und auf die Verbindung durch das Meer blieben so entstandene Staaten hingewiesen. Das Mittelmeer hielt die Teile des römischen Reiches zusammen, so wie heute das Weltmeer die Kolonien des britischen Weltreiches zusammenhält. Von den drei großen Meeren ist das kleinste, der Indische Ozean, am frühesten geschichtlich geworden, der Atlantische folgte, und die Entdeckung und Querung des mehr als zwei Drittel der Erde bedeckenden Stillen Ozeans war die letzte große That auf dem Gebiete der umfassenden geographischen Entdeckungen. Ehe die großen Meere in das Licht der Geschichte traten, hatten sie ihre stillen Wirkungen wohl schon durch ungezählte Jahrtausende auf die Verbreitung der Völker geübt, und wir erkennen deren Spuren noch in der heutigen Rassenverteilung. Darin liegt die menschheitsgeschichtliche Bedeutung der Entdeckung Amerikas, daß sie in dem Verhältnis der großen Völkergruppen zu den beiden großen Ozeanen, und damit in der Stellung zur ganzen bewohnten Welt, eine gänzliche Verschiebung hervorbrachte. Bis 1492 stand Amerika seiner Menschheit nach am Ostrande der bewohnten Welt, bildete den Orient der Ökumene, mit

der es der Stille Ozean verband; der Atlantische aber gähnte wie eine Kluft zwischen Amerika und dem Westrande der Ökumene in Europa und Afrika. Die normannischen Grönland- und Vinlandfahrten überfuhren sie, überbrückten sie aber nicht. Seit 1492 zog die Kolonisation einen Faden um den anderen über den Atlantischen Ozean, alle frisch und lebensfähig, während die alten Verbindungen über den Stillen Ozean abstarben und vergessen wurden. Die zunehmende Einwanderung hat in den ersten Jahrhunderten fast nur transatlantische Beziehungen gekannt und gekräftigt, und kein Land hat mehr gethan, Amerika vom Ostrande zum Westrande der Ökumene hinüberzuziehen, als die atlantischsten oder europäischsten aller Kolonien in Nord-

Die Reede von Acapulco in Mexiko. Nach Photographie von P. Fassold. Vgl. Text, S. 289.

amerika. Das Vordringen an den Stillen Ozean und die Verdrängung, fast Vernichtung der alten Bewohner kann auch als ein Sieg der Atlantiker auf altpacifischem Boden aufgefaßt werden.

Wir haben die erdgeschichtliche Bedeutung der drei Mittelmeere (s. Bd. I, S. 267 u. f.) kennen gelernt; ihre menschheitsgeschichtliche ist nicht geringer. Diese ist im europäischen Mittelmeer am frühesten verwirklicht worden, von dessen Gestadeländern das ausgestrahlt ist, was wir unsere Kultur nennen. Aber allen dreien kommt die gleich bedeutsame Lage zwischen je zwei Erdteilen zu, wodurch sie schon heute die Träger der wichtigsten interozeanischen Verbindungen geworden sind. Unter ihnen ist das austral-asiatische Mittelmeer von Natur offen, das europäisch-afrikanische ist durch den Sueskanal aufgeschlossen worden, so daß es die kürzeste Verbindung zwischen dem Atlantischen und Indischen Ozean geworden ist, das amerikanische ist auf dem Wege, durch den interozeanischen Kanal (s. die Abbildung, S. 286) aufgeschlossen zu werden. Ebenso wirken die Erdteile, die nördlich und südlich von den Mittelmeeren liegen, durch sie aufeinander; Europa und Afrika, Asien und Australien, Nord- und Südamerika sind so verbunden.

Die Nebenmeere, wie Nord- und Ostsee, Gelbes Meer und Hudsonbai, sind kleiner und weniger selbständig; doch als Zugänge bleiben auch sie wichtig. Auch auf der Ostsee ruht ein Hauch geschichtlicher Größe, der sogar an das Mittelmeer erinnert; sie gleicht dem Schwarzen Meer in ihrer Erschließung Osteuropas, und die Kolonien und Kämpfe der Hansa wiederholen griechisches Städteleben oder Venedig. Aber östlich vom Mittelmeer liegen die ältesten Kulturstätten der Erde, während östlich von der Ostsee ein minder begünstigter Teil von Europa liegt, der nur Kultur aufgenommen, nicht ausgesendet hat. Die Nordsee, weder so engräumig noch

Der Hafen von Aden. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 289.

so fest umschlossen wie die Ostsee, ist weniger „inneres Meer" als Durchgangsmeer. Die Nordseemächte sind keine so geschlossene Gesellschaft wie die Ostseemächte. In ihrer Lage zur Nordsee kommt es, dem Durchgangsmeer entsprechend, vor allem auf die Entfernungen vom Ozean an; wie Ostsee und Nordsee, auch in ähnlicher Zone, liegen in Ostasien der Golf von Petschili und das Gelbe Meer.

Das feuchte Element kann nicht bewohnt, nicht durch die Arbeit mit Hacke und Pflug zu eigen gemacht, nicht abgegrenzt, nicht wegsam gemacht werden. Der Fischer, der die Schätze seiner Tiefe gewinnt, und der Kaufmann, der mit seinen beladenen Schiffen über das Meer fährt, sie kehren immer wieder zum Lande zurück. Ebenso kehren die Kreuzer zum Lande zurück, die eine bestimmte Meeresfläche militärisch zu sichern haben. Das Meer an sich kann, mit einem Worte, nicht erobert werden. Der friedlichen Eroberung durch Arbeit entzieht es sich ebenso wie der kriegerischen durch bewaffnete Umfassung. Die Ausgangspunkte des Seeverkehres und die

Stützpunkte der Seeherrschaft müssen daher auf dem Lande liegen. Ihre natürliche Stelle ist die Küste, als Schwelle zwischen Land und Meer. Auf dem Lande sammeln die Völker die Kräfte, die sie über das Meer hinführen, und bauen sie die Schiffe, welche Träger dieser Kräfte sein werden. Weil nun die Beherrschung des Meeres immer von Punkten und Strecken des Landes ausgehen muß, vor allem von den natürlichen Sammel- und Siedelplätzen an den geschützten Buchten, in denen die Natur oft Häfen ersten Ranges geschaffen hat (s. die Abbildung, S. 287), werden die Küstenlinien und Inselreihen die Leitlinien der Kraftäußerung zur See sein. Sie bestimmen die Richtung des ersten Hinausgehens der Völker wie der Ausdehnung des späteren Verkehres und sind zuletzt die Etappen, Schutzhäfen und Kohlenstationen seebeherrschender Flotten. Daher die überragende Bedeutung der in die Meere vortretenden Landteile, der Halbinseln, Vorgebirge, Inseln, und der Einengungen der Meere durch von beiden Seiten vortretende Länder. Der Sund, der Kanal, die Straße von Gibraltar, die Dardanellen, der Bosporus sind wahre Thore, durch die hindurchgehend wir von einem Kultur- oder Machtbereich in einen anderen treten. Die Geschichte lehrt, wie man mit großer Macht solche Thore förmlich schließen kann. Auch heute ist der, welcher am Bosporus gebietet, Herr des Schwarzen Meeres, und wer die Schlüssel zur Straße von Gibraltar hat, übt ganz von selbst eine starke Macht im Mittelmeer. Die Geschichte lehrt uns ferner, wie der Sund, als Lebensader der baltischen Länder früh erkannt, umkämpft wurde, und wie die Hansa mit seiner Beherrschung ihre Höhe erstieg. Dasselbe war für Athen der Sund von Chalkis, und in der Gibraltarstraße liegt der Lebensfaden, der England und Indien verbindet. Kommt an solcher Stelle zur Verengerung der Meeresstraße die Nötigung, von einer Verkehrsweise zur anderen überzugehen, wie bei Taganrog vom pontischen Meerschiff auf das Boot des seichteren Asowschen Golfes, so steigert sich noch der Wert. Ein guter Hafen, wie Aden (s. die Abbildung, S. 288), erlangt in der Nähe einer solchen Stelle überragende Bedeutung. Die einfache Gegenüberlage bestimmt zwei Länder an entgegengesetzten Gestaden desselben Meeres zu innigeren Beziehungen, regerem Verkehr. Norwegen und Island, England und die Vereinigten Staaten von Amerika, Spanien und Mexiko, Portugal und Brasilien zeigen die aus der Gemeinsamkeit atlantischer Lage sich ergebenden geschichtlichen Folgen. Frankreichs Beziehungen zu Algerien und Tunesien, Schwedens alte Verbindung mit Finnland gehören derselben Gruppe von Erscheinungen an.

Die Erfindung der Schiffahrt.

Die Erfindung der Schiffahrt gehört zu den großen, elementaren Erfindungen, für welche die Geschichte keinen Anfang zu setzen weiß. Sie vergleicht sich darin mit der des Feuers, und gleich ihr war sie eine der folgenreichsten. Denn ohne Schiffahrt lebten die Urahnen der Menschheit getrennt auf jenen Inseln, die wir Erdteile nennen. Eine Menschheit konnte es erst geben, als die Meeresschranken durchbrochen waren. Insofern darf man es wagen, den Schritt aufs Meer den Anfang einer wahren Welt- und Menschheitsgeschichte zu nennen. Man muß aber voraussetzen, daß dieser weltgeschichtliche Schritt an manchen Stellen gemacht worden ist. Inseln, die einander oder dem Festland erreichbar gegenüberlagen, mußten ihn erleichtern, überhaupt Erdstellen mit nahe benachbarten Gestaden, die auf dem schwimmenden Baume, dem Floß, dem Einbaum erreicht werden konnten; auch Flußmündungen und Deltainseln, fruchtbare und fischreiche Gebiete mußten dazu anregen. Darin liegt auch auf höheren Stufen die Bedeutung enger Meere, wie des Ägäischen, der Ostsee, endlich aller Mittelmeere, für die Entwickelung der Schiffahrt, daß sie Räume darbieten, die im Vergleich zum Weltmeer überschaubar und

durchmeßbar sind. Die Geschichte unseres eigenen Kulturkreises lehrt uns, wie sich die Schiffahrt aus dem engen Ägäischen Meer in den Pontus und das westliche Mittelmeer, also inselärmere Meere, wagte, wie sie von hier aus schüchterne Schritte über die Schwelle des Atlantischen Ozeans machte, zu dessen Querung sie erst viel später den Mut fand.

Es ist eine unvollkommene Völkerkunde, die nur Ackerbauer und Viehzüchter, Nomaden und Jäger kennt. Die Seevölker dürfen den Anspruch erheben, eine Gruppe für sich zu bilden. Ihre Verbreitung, ihr Wohnen, ihre Thätigkeit sind eigentümlich. Die Seevölker verbreiten sich sprungweise von Insel zu Insel, von einem Küstenstrich zum anderen. Wie ergiebig an Nahrung auch ihre Wohnplätze sein mögen, diese Wohnplätze sind von Natur eng, denn sie müssen sich mit dem Meere berühren; daher Übervölkerung und Auswanderung, nach wenigen Generationen wiederkehrend, Verschlagung auf ferne Inseln, die für das Einwurzeln eines Volkes zu klein, Verdrängung von Küstenstrichen durch Binnenbewohner, die in erdrückenden Massen herandrängen, kurz eine bewegte, an Wechselfällen reiche Geschichte. Es ist etwas von der Natur des Meeres in der Geschichte dieser Völker, die keine selbständige Bedeutung für sich haben, an der sie ruhig fortbauen, sondern unselbständige Vermittler entlegener Völker und Kulturen sind. Darin liegt eben auch die Verschiedenheit ihrer Beurteilung, welche die phönikische Kultur überschätzt, weil sie vergißt, daß sie großenteils nur entliehen war, und die auf der anderen Seite manchmal nur Handel und Seeraub sieht, wo es sich in Wirklichkeit um folgenreiche Kulturvermittelung und -übertragung handelte.

Es fehlt nicht an Völkern, die abgewandt vom Meere gelebt, Kulturen geschaffen und Staaten aufgebaut haben. Die Geschichte Ägyptens oder Chinas ist sicherlich in keiner Weise unrühmlich, aber ihrem einförmigen Verlaufe fehlen die belebenden Gegensätze, und er kommt früh ins Stocken. Nur Halbkulturen haben sich in solch binnenländischer Abgeschlossenheit entwickelt. Das diesen Kulturen sich entgegensetzende, sie aufrüttelnde Element konnten nur die Hirtenvölker sein, und diese leben außerhalb der Kulturgrenzen, sind kulturfeindlich. Die Geschichte kennt nur eine einzige folgenreiche Verbindung großer Kulturgebiete, die das Meer vermied: Mesopotamien und Ägypten, aber sie war locker, beschränkt und vielfach unterbrochen. Zur See wanderten die Keime ägyptischer Kultur auf den günstigeren Boden Griechenlands aus, zur See sind die Anstöße gekommen, welche die zwei neuen Welten der neueren Geschichte, Amerika und Australien, kulturlich von Grund aus umgewandelt und Leben in Japans und Chinas erstarrte Kultur gebracht haben. Welche andere, breite und dauernde Wirkungen!

In der politischen Entwickelung der Völker bedeutet das Meer die größte Erweiterung des Aktionsraumes, die überhaupt möglich war; in der gesetzlichen Entwickelung der Völker und Staaten von kleinen zu großen Räumen ein gewaltiger Fortschritt! Daß die eigentliche Weltmacht in jedem geschichtlichen Zeitalter die Macht war, die das Meer beherrschte, kann man an der Größe der beherrschten Gebiete Roms, Spaniens, Englands entsprechend den Dimensionen des Mittelmeeres, des Atlantischen Ozeans, des Weltmeeres messen. Übrigens liegt es in den Größenverhältnissen des Meeres klar begründet. Wenn man aber nach den dauernden Wirkungen fragt, liegen diese in dem Übergewicht zu Lande, das vermittelst der Seemacht gewonnen und erhalten worden ist. Wir können sie an der Zahl und Verbreitung der Tochtervölker und Tochterstaaten Roms, Spaniens und Englands messen. Dabei beobachten wir, wie nach dem politisch-geographischen Gesetz, daß das Wachstum der Staaten immer auf die Umfassung der geographischen Vorteile hinzielt, das Meer mächtig die Völker anzieht. Ihr Wachstum geht zum Meere, am Meere hin und in der Richtung der großen maritimen Verkehrswege.

Das Wesen der Seeherrschaft und der Charakter der Seevölker.

So groß und einfach wie das Meer selbst, ist auch die Beherrschung des Meeres. Ihr Grundmotiv kann man in die Worte fassen: Das Meer ist nur ein Weg. Das will besagen, daß das Meer den Verkehr erleidet, der darüber hin seine Wege sucht. Es trägt ihn, aber es trägt nichts dazu bei. Das Meer ist der Weg: es ist passiv gegenüber den Ereignissen, die vom Lande her darüber hinzucken; es erleichtert den Verkehr, den Krieg, die Telegraphie, aber sie alle gehen zwischen zwei Landgebieten durch das Meer hindurch. Nur für die Fischerei und einige verhältnismäßig unbedeutende Industrien, wie Salzgewinnung und ähnliche, ist das Meer an sich ergiebig. Mit dieser Passivität des Meeres, und zugleich mit dem Größenabstand zwischen Land und Meer, hängt eng das eigentliche Gesetz der Seeherrschaft zusammen, das im Seeverkehr wie im Seekrieg Geltung hat: Große Macht von kleinem Raum ausgeübt mit weitreichendem, augenblicklichem Erfolg, aber auch von vereinzelten großen Entscheidungen abhängig.

Auch die Schranken, die dem Landhandel im Gegensatze zum Seehandel gezogen sind, zeigen diese Eigenschaft des Meeres. Der Landhandel muß seine Wege über politisch besetzte Gebiete suchen, muß sich zwischen fremden Mächten und Ansprüchen durchwinden, kann nicht hoffen, seine Wege selbst zu erkämpfen und zu besitzen; er muß verhandeln, Vergünstigungen erkaufen, Tribute entrichten. In vielen Fällen verzichtet er überhaupt darauf, weite Strecken unmittelbar zurückzulegen, sondern bedient sich dazwischen wohnender Vermittler von der Art der Sabäer, der Araber, der Armenier, die jeweils eine große Rolle im Indienhandel Westasiens gespielt haben. Der Seehandel kennt nur das freie Meer, wo der Mutige und Starke die Elemente allein zu fürchten hat, und wo vielleicht die Vernichtung einer einzigen Flotte genügt, um eine Welt zu beherrschen. Der Landhandel kann eine Quelle großer Reichtümer sein, aber der Seehandel ist immer auch eine Quelle der Kraft. Das Meer entwickelt die Kraft des Handelsvolkes, indem es dasselbe zu immer neuen Anstrengungen, zu Ausgreifen und Schutz anregt. Wie sehr dabei die geistigen Fähigkeiten gestählt werden, zeigt Venedigs und Englands Bedeutung auf allen Feldern der Kunst und Wissenschaft. Je größer die Entfernungen des Seehandels und je entfernter seine Ziele, um so entschiedener wirkt er aber als Machtquelle. Die uralte Verbindung zwischen Seehandel und Seeraub wurzelt darin. In der Hingabe an die Quellen des Reichtums des Meeres und der Vernachlässigung seiner Machtquellen liegt das Verhängnis der Seestaaten von Sidon bis Venedig und England.

Der Kampf mit dem Meere.

Passiv gegenüber den Versuchen des Menschen, es wirtschaftlich und politisch zu beherrschen, gleichsam ein abstrakter Raum, übt das Meer höchst bedeutsame Wirkungen, wo es auf den Geist des Menschen trifft. Alle Kraft der Völker wird im Ringen mit anderen Völkern und mit der Erde gemessen, d. h. sie mißt sich am verwandten Leben oder an der fremden Natur. Aus der Natur gehen neue Kräfte in ein Volk über, im Ringen mit Völkern geht nur die Kraft eines Volkes in die Gegner über. Darin liegt das Einzige, Hervorragende der Seevölker, daß sie immer aus der größten Natur schöpfen, und die größte Natur im Rücken und zur Seite haben. Auch ihre Wohnsitze müssen so nahe wie möglich an das Meer herangedrängt, womöglich auf Inseln, Dämmen, Pfahlbauten ins Meer hinausgeschoben sein. Ihr Schutz gegen die Angriffe des Meeres ist ein Ringen mit den Stürmen und Fluten, einer der stählendsten

Kämpfe, welche Menschen mit der Natur austragen. Die Sicherung des tiefliegenden, von Sturmfluten bedrohten Landes, der „Polder", wie es besonders an den verkehrsgünstigsten Küstensäumen, Flußmündungen vorkommt, fordert zum Dammbau auf. An einigen Stellen hat die Natur selbst die Sanddämme der Dünen aufgeschüttet, an anderen läßt sie Inseln oder Halbinseln höheren Landes unmittelbar ans Meer herantreten: Geest und Marsch. Immer muß wenigstens die Stelle geschützt werden, wo der Verkehr vom Land aufs Meer übergeht. Das Maß dieses Schutzes bestimmen aber die Höhe der Gezeiten, die Größe der Wellen, der Gesamtcharakter des Klimas.

Die Dämme müssen, um ihren Zweck vollständig erfüllen zu können, an vielen Stellen der Nordseeniederungen 5—6 m über dem Meeresspiegel oder dem Spiegel der großen Ströme hoch sein, dabei müssen sie eine Breite an der Oberfläche von 3 m und mehr besitzen. Der Damm muß womöglich aus Lehm oder Thon aufgeführt werden oder muß doch eine Verkleidung aus diesen Stoffen erhalten. Endlich gehört zu einem Deichsystem auch ein Netz von Entwässerungs- und Bewässerungskanälen. Aus diesen Schutzvorrichtungen zweigt sich ganz von selbst eine Arbeit ab, die auf Gewinnung neuen Landes gerichtet ist. Das abgedämmte Land wird vom Meere gleichsam losgelöst, abgesondert. Die Schlengen, in einigen Gegenden auch Buhnen genannt, eins der wichtigsten Mittel zur Gewinnung neuen Landes, sind vorgeschobene Werke aus Faschinenbündeln, die durch mächtige, tief in den Grund gerammte Pfähle und 20—30 cm dicke, gedrehte Weidenstränge festgehalten werden. Sie bauen sich von einer 6 bis 10 m breiten Grundlage auf, wenn die obere Breite 2—3 m beträgt, und diese Grundlage ruht oft 15 m in der Tiefe. Sie laufen vom Ufer aus rechtwinkelig in den Strom hinaus und sind an der Vorderseite durch einen Querwall von demselben Bau abgeschlossen, welcher Schlickfänger genannt wird. Diese Bauten leiten den Strom vom Ufer ab und verlegen seine größte Fließkraft in die Mitte, wo infolgedessen die Fahrrinne vertieft wird. Unterhalb Bremen, wo die Weser sehr zur Versandung neigt, hat man ein großes System von Schlengen zur Vertiefung der Fahrrinne angelegt. In dem Winkel zwischen den Schlengen und dem Ufer lagert sich der Schlamm ab, und so wächst mit der Zeit, indem die Schlengen immer mehr verlängert werden, das Land nach dem Strome zu, statt umgekehrt, und die Fließkraft des Stromes wird zwar verstärkt, aber auch geregelt und vertieft.

Ist auch die Arbeit der Menschen an ihren Deichen und Buhnen, Dünen und Kanälen zunächst ganz unpolitisch, so ist doch der dadurch gewonnene oder gesicherte Boden eine politische Thatsache, und auch die Möglichkeit eines ruhigeren Lebens und Schaffens ist nicht zu verachten; mächtig hat sie zum Aufschwung der Niederlande seit dem 16. Jahrhundert beigetragen. Es liegt aber außerdem eine wahre Grenzberichtigung vor. Bei den Schutzbauten wird die vorhandene Grenze gesichert, bei den Eindeichungen wird sie sehr häufig verkürzt. Die Beseitigung der Zuidersee-Hochfluten würde ein sehr großer Vorteil für Nordholland sein. Hier zeigt sich also doch eine nähere Verwandtschaft zwischen Küste und Landgrenze: wo es den Kampf mit dem Meere gilt, da geht das Streben auf Kürzung der Grenze hin. Man füllt Buchten auf, in die der Feind eindringen könnte, und macht Inseln landfest, die er zu zerstören droht, kurz, man gibt ihm möglichst wenig Angriffspunkte. Das ist ebenso, wie wenn zwischen Deutschland und Frankreich die Grenze so gerade wie möglich ist, ohne unnötige Buchten und frei von allen Ex- und Enklaven, politischen Inseln.

Die innige Verbindung, die dieses Neuschaffen von Land zwischen Mensch und Boden zu stande bringt, ist an politischen Wirkungen noch bedeutend reicher. Diese Arbeiten können nicht nach kleinen Plänen und mit zersplitterten Kräften und Mitteln durchgeführt werden; sie fordern die Menschen auf, zusammenzustehen und der großen, allgemeinen Gefahr eine zusammengefaßte, einheitliche Abwehr entgegenzusetzen. Nicht bloß die Seele des Einzelnen wird also im Kampf mit den Elementen gestählt, sondern ein ganzes Volk lernt darin den Wert des Zusammenstehens und Zusammenwirkens kennen; für die siegreichen Freiheitskämpfe der Niederländer war die

stürmische Nordsee die harte Schule. Zum Zweck der Erhaltung der Dämme, von deren Festigkeit Leben und Wohlstand von Tausenden von Menschen abhängt, haben sich früher die großen Deichverbände gebildet, die den einzelnen deichpflichtigen Besitzern oder Gemeinden die verantwortungsvolle Arbeit aus der Hand nahmen. Als aber eine große Wissenschaft des Kanal- und Schleusenbaues in den tiefgelegenen flachen Kanal- und Überschwemmungsländern der Niederlande und des Polandes entstand, ist das Deichwesen, in den Niederlanden der „Wasserstaat", besonderen Behörden, überwiesen worden. Ihre Aufgabe ist, wie wir sahen, längst über die Erhaltung des Bestehenden zur Neuschaffung hinausgewachsen.

Wo aber zusammengedrängte und eingekeilte Länder an das Meer grenzen, da fließt das Übermaß ihrer Bevölkerung von selbst über und gewinnt dem Unbewohnten und früher für unbewohnbar Gehaltenen neue Wohnräume ab. In Deutschland stehen wir vor einer beträchtlichen Ausbreitung des Gebietes an der Nordsee. Die günstigen Erfolge beim Schutze der Hamburger Hallig haben die preußische Regierung ermutigt, von 1897 an größere Arbeiten zum Schutz anderer Halligengruppen und der nordfriesischen Inseln überhaupt in die Hand zu nehmen. Daraus wird, darf man hoffen, eines Tages die Wiedergewinnung größerer Wattengebiete hinter dem Inselkranze folgen. Man kann sich eine schönere Zukunft der nordfriesischen Inseln denken, wenn ein Damm Föhr und Amrum verbindet, und das dahinter zur Ruhe kommende Meer nicht bloß am Festlandrande fruchtbaren Schlick ablagern wird. An der Ostseeküste wird an der Festlegung der Dünen, die früher ganze Dörfer und Dorffluren verschütteten, systematisch weitergearbeitet. Für Deutschland besonders darf hier auch auf den ungewöhnlichen Aufschwung der Hochseefischerei hingewiesen werden, der die Küstenbevölkerung zunehmen und den Wert und die Sicherung der Küstenstriche steigen machen wird. Die größte Neuschöpfung von Land aus dem Meere plant aber Holland mit der Abdämmung der Zuidersee. Die naheliegende Gefahr der Schädigung des Verkehres der Plätze an ihren Ufern befürchtet man nicht; man will durch Kanäle die ohnehin meist nicht guten Häfen von Harlingen u. s. w. ersetzen.

---

9. Schnee, Firn und Eis.

A. Das feste Wasser.

Inhalt: Das feste Wasser. — Die Eisbildung. — Fluß- und Seeneis. — Salzwassereis.

Das feste Wasser.

Wenn wir von Wasser sprechen, meinen wir gewöhnlich das flüssige. Diese Beschränkung liegt in der Unvollkommenheit unserer Sprache, die kein gemeinsames Wort für das Wasser in allen Aggregatformen hat. Wasser im flüssigen Zustand ist uns eben Wasser, im festen Zustand Eis, im gasförmigen Dampf. Diese Dreiteilung zwingt uns zu der Gewaltsamkeit, dem Worte Wasser noch den anderen weiteren Sinn: Wasser in allen Formen zu unterlegen. Ist es nötig, besonders hervorzuheben, welche Bedeutung für den Geographen das dampfförmige Wasser hat, ohne das wir die Wolken, Nebel, Niederschläge und den ganzen Kreislauf des Wassers nicht verstehen? Aber auch das feste Wasser ist im Vergleich zu dem flüssigen gar nicht so wenig verbreitet, wie man vielleicht auf den ersten Blick annehmen möchte. Bedeckt es doch in den Polargebieten Millionen von Quadratkilometern Land und Meer, ist es doch in allen Hochgebirgen, und selbst in den tropischen, in dauernden Erscheinungen zu finden, und

hüllt es doch, alljährlich kommend und gehend, als Schnee die beiden Halbkugeln von den Polen an weit äquatorwärts in weiße, winterliche Hüllen von zum Teil beträchtlicher Dauer.

Da die Temperatur, bei der Wasser gefriert, in allen Zonen der Erde vorkommt und über den größten Teil der Erdoberfläche hin häufig ist, vollzieht sich der Übergang von Wasser zu Eis und von Eis zu Wasser in großer Ausdehnung und zu allen Zeiten. Dieser leichte Übergang führt entsprechend rasche Veränderungen an der Erdoberfläche herbei. Der tiefe Unterschied zwischen einer starren, einförmigen, weißen Winterlandschaft und einer belebten, mannigfaltigen und bunten Frühlingslandschaft liegt großenteils in dem Übergang des festen Aggregatzustandes des Wassers in den flüssigen. Hängt doch das Leben vom flüssigen Wasser ab, bedeutet doch auf der anderen Seite das Gefrieren des Wassers im Protoplasma Tod und Zerreißung. Über tausendfach größere Zeiträume ausgebreitet, zeigt uns die Erdgeschichte denselben Wechsel in Eiszeiten und Wärmeperioden, die Winter und Sommer in der Geschichte des Lebens unserer Erde bedeuten.

Eisbildung ändert von Grund aus die Wirkungen des Wassers; sie legt Wasserteilchen fest, hemmt die Diffusion, läßt große Gegensätze des Salzgehaltes zwischen festem und flüssigem Wasser bestehen; außerdem hemmt das Eis mechanisch den Austausch an der Oberfläche. Das Gefrieren bedeutet also die Bildung einer Hemmungsvorrichtung im Kreislaufe des Flüssigen auf der Erde. Indem das Eis die rasche Bewegung des Fließens hemmt, spart es Wassermassen für trockenere Zeiten des Jahres auf und schafft die langsamen, aber mit gewaltigem Nachdruck fließenden, höchst transportfähigen Eisströme der Gletscher.

Eis bildet sich sowohl in der Luft als an der Erde, und auch selbst in der Erde, deren Gefrieren zu „Bodeneis" bis zu einer gewissen Tiefe ja nichts anderes als ein Erstarren der in ihr verteilten Wassermassen ist, die dann als Eiszement Sand, Erde und Steine zusammenkitten. Die Wasserteilchen in unserem Erdboden machen bei heftigem Froste den Boden bis in die Tiefe erstarren, dann treten sie als Eiskristalle hervor, welche das braune Erdreich seltsam durchfunkeln und in Hohlräumen zarteste Kristalldrusen aufbauen. Oder es quellen aus Erdspältchen jene Eisfäden hervor, die durch die Ausdehnung des gefrierenden und noch weiter erkaltenden Eises, wie eine Eispressung im kleinsten Maße, entstehen.

Allein mit dieser merkwürdigen Thatsache haben wir uns im Augenblicke nicht näher zu beschäftigen, sondern dem Eis haben wir nachzuforschen, das sich an der Oberfläche der Erde und in der Luft bildet. Indem wir diese beiden Bildungsstätten auseinanderhalten, haben wir auch schon eine natürliche Klassifikation unseres Stoffes angebahnt, denn es stehen für uns auf der einen Seite die verschiedenen Arten des Eises, die in und aus der Luft sich bilden, vor allem Schnee, dann Hagel, und die wunderbar verschiedenen und oft prächtigen Gebilde des Reifes; auf der anderen das Eis, das auf dem Meere, auf Seen, auf Flüssen, teilweise auch am Grunde der Flüsse entsteht, und das Eis, zu welchem Quellen erstarren, die aus der Erde hervorbrechen. An jene erstere Gruppe schließt das Gletschereis als mächtiger Ausläufer mit seinen Mittelstufen des Firnes, an die andere die in ihrer Art nicht minder mächtige Erscheinung des Treibeises sich an. Gleich hier möchte ich aber betonen, daß es keineswegs statthaft ist, die beiden Gruppen streng auseinanderzuhalten, sondern daß im Gegenteil eine fruchtbare Betrachtung der einen wie der anderen nur möglich ist, wenn man die tiefere Gemeinsamkeit ihres Wesens nicht vergißt. Seitdem die Physik gezeigt hat, daß dieselben verborgenkristallinischen Eiskörner, die man zuerst im Gletscher und im Firn als Gletscher- und Firnkörner entdeckt hatte, jedes Eis zusammensetzen, seitdem wir wissen, daß Plastizität und

Regelation (s. oben, S. 23) *allem* Eis eigen sind, ob es aus Schnee verdichtet oder aus Meerwasser kristallisiert sei, sind die scharfen Grenzen verwischt, die Gletscher- und Meereis, Firn und Flußeis trennten. Ein gefrorener Wasserfall, der Eisfuß einer Polarküste werden gletscherähnlich sich bewegen, wenn die Masse groß genug ist, und in vielen Fällen werden wir nicht im stande sein, anzugeben, ob ein Eisberg gletscher- oder meergeboren ist. Wir sehen und greifen dieses Gemeinsame, wenn wir bei einer Wanderung in den Kalkalpen in einem der rauschenden, quellenreichen Thäler unter Ahorn, Fichten und Lärchen dem laut daherbrausenden Bach entgegengehen. Da treten wir in das Ursprungsgebiet ein, in einen großen Felsenzirkus, an dessen Rand eine mächtige kalte Quelle dem Bach Entstehen gibt. Wir steigen höher und sehen aus dunkler Erde den bläulichen Schein alten Eises funkeln; das ist der äußerste Rand eines Gletschers, der nun bald voll zu Tage tritt. Tausend Bächlein gehen über ihn hin, tausend kleine Seen stehen in seinen flachen Vertiefungen. Am frühen Morgen sind diese gefroren und jene zeigen durch funkelnde vorspringende Eisränder an, daß die Nacht sie in Eisfesseln geschlagen hatte. Auf einem größeren Eissee sehen wir Eisschollen treiben. Noch höher liegt das Firnfeld, die Nährmutter des Gletschers, seinerseits entstanden aus dem Schnee, den wir wenig verändert auf den höchsten Graten betreten, welche den Gletscher umranden, in Höhen, wo er sich bei jedem Niederschlag erneut, und wo wir, besonders wenn Wolken uns einhüllen, die so oft dort schweben, die Kette der luftförmigen, festen und flüssigen Wasserformen sich schließen sehen.

Die Eisbildung.

Das Süßwassereis entsteht in Form von feinen platten- und nadelförmigen Kristallen, die fast immer dem hexagonalen System angehören, an der Oberfläche der Seen und Flüsse. Einzelne Platten erreichen Handgröße. Bei weiterem Gefrieren wachsen diese Kristalle zu einer dichten Masse zusammen, in der man mit bloßem Auge keine kristallinische Struktur mehr erkennt, wohl aber kann man die aufeinander gewachsenen Platten und Plättchen noch gut unterscheiden; sie sind einander um so mehr genähert, je niedriger die Temperatur ist. Beim Auftauen tritt die Kristallstruktur als nadel- oder stengelförmige Absonderung aus dem dichten Eis wieder zu Tage. Die Hauptachsen der Eiskristalle sind in den unteren Schichten einer Eisdecke alle senkrecht zur Oberfläche des Wassers gerichtet. Aus zahllosen kleineren Eisnadeln, nicht allseitig miteinander verwachsen, besteht das auf dem Grunde klarer Gewässer durch Wärmeausstrahlung oder in überkühlten Wasserschichten sich bildende Grundeis. Überall, wo die Eisplättchen sich senkrecht zur Oberfläche stellen, verwachsen sie zu Kristallbündeln, in deren Querschnitt man ihre Ränder als feine Parallellinien wiederfindet. Man spricht dann von Eislamellen. Auch die Plastizität der einzelnen Eiskristalle macht die Zusammensetzung aus dünnen Parallelplättchen wahrscheinlich, die aneinander verschiebbar sind. Dieselben Lücken des inneren Zusammenhanges treten beim Schmelzen des Eises hervor. Man sieht sie beim äußeren Schmelzen einer Eismasse, wo die parallelen Eisplättchen eine Parallelstreifung bewirken. Daneben gibt es auch eine innere Schmelzung des Eises, die an den Grenzen der Kristalle vor sich geht und die Ursache des Zerfalles des Süßwasser- und Meereises ist, ebenso wie die Ursache der fließenden Bewegung des Gletschers. Sie wird besonders durch Druck in Thätigkeit gesetzt, der den Schmelzpunkt erniedrigt (s. oben, S. 23, und unten, S. 345 u. f.).

Seitdem zuerst die Untersuchungen von Pohrt und Moritz 1847 in Pulkowa die Stellung der Hauptachse der Eiskristalle senkrecht zur Oberfläche und das Wiedererscheinen dieser

Kristallindividuen beim Zerfalle des Eises nachgewiesen haben, hat man erkannt, wie diese Stellung bei verschiedenen Eisarten schwankt. So besteht das Eis der Fjorde aus Plättchen, die gegen die Oberfläche senkrecht gestellt sind, während die optischen Hauptachsen parallel zur Gefrierfläche stehen. In dem Eise der Binnenseen und Flüsse stehen die Hauptachsen der unteren Eisschichten senkrecht auf der Gefrierfläche, während sie an der Oberfläche ähnlich wie beim Fjordeis liegen. Im Gletschereis ist die Lage der Hauptachsen regellos, ausgenommen in den unteren Schichten des Inlandeises, wo der Druck auf die Unterlage eine Richtung parallel zum Druck begünstigt.

Fluß- und Seeeis.

Das Gefrieren eines Sees oder Flusses ist ein reines Kristallisieren. Bei stillem Frostwetter schießen Eisnadeln über das Wasser hin und legen sich aneinander, während zwischen ihnen dünne Eisplättchen parallel mit der Oberfläche erscheinen. Aus der Vereinigung beider entsteht die erste dünne Eisdecke. Die Eisnadeln aber, aus denen das Seeeis zusammenschießt, sind einzelne Kristalle, von denen jeder plastisch ist, und ebenso die Eisplättchen. Das weitere Wachstum geht dann an der Unterseite dieser ersten Decke vor sich, die nur wie ein Häutchen über dem Wasser liegt, indem die Kriställchen nach unten wachsen. Dabei nehmen die oft nicht über 1 cm dicken Eissäulchen die ganze Dicke der Eisdecke eines Sees oder Teiches ein, jedes ein Kristall, und endigen unten spitz. Diese Kristalle wachsen aber nicht einfach weiter, sondern es legen sich ihnen bei zunehmender Dicke immer neue Kristalle an. Daher sehen wir beim Zerfall einer Seeeisplatte eine Anhäufung von körnigen Stengelstücken, die unregelmäßig ineinandergreifen. Diese Eisstengel erinnern stark an die Stücke, in die ein Eisstalaktit zerfällt, oder an die Gletscherkörner; nur sind ihre Hauptachsen mit geringen Abweichungen senkrecht zur Gefrierfläche gerichtet. Nur die zuerst gebildeten Eiskristalle der Oberfläche sind ohne Ordnung gelagert, ein Zeichen, daß die später angelegten sich unter dem Einflusse des Druckes gebildet haben, den das Wasser gegen die Eisdecke übt.

Das Oberflächeneis ist dem äußeren Anscheine nach verschieden, je nachdem es an ruhigen, seichten Stellen des Wasserrandes sich angesetzt oder sich mitten im Flusse gebildet hat. Jenes besteht aus gleichmäßig fortwachsenden Platten, die bei kleinen stillen Flüssen endlich die ganze Oberfläche mit einer einzigen Eisschale bedecken; dieses dagegen wächst aus einzelnen Eisnadeln und kleineren Plättchen zu einem verworrenen Geflecht zusammen, das sich im Fließen abrundet und um seinen mit der Zeit dichter werdenden Kern in drehender Bewegung und in Berührung mit anderen ähnlichen Gebilden immer breiter zu Kuchen mit aufgeworfenem Rande, den Rauchfrost verstärkt, weiterwächst. Aus solchen Eiskuchen entstehen zuletzt große Schollen, die an- und übereinandergeschoben die Eisdecke bilden.

Grundeis bildet sich in den Flüssen oft schon vor dem Gefrieren der Oberfläche auf Untiefen, an Stellen, wo das Strömen sich verlangsamt, und an eingetauchten Gegenständen, wahrscheinlich aber nur an den dem Stoße des Wassers abgekehrten, geschützten Seiten. Die Erniedrigung des Gefrierpunktes durch den Druck des darüberliegenden Wassers begünstigt seine Bildung in Wasserteilchen, die aufsteigend sich von diesem Druck befreien. Über Grundeisbildung im Meere s. oben, S. 265. Grundeis besteht aus einem trüben Gewirr von Eisnadeln und Eisplättchen, in das nicht selten Schlamm und Sand mit aufgenommen sind, und dürfte nach Entstehung und Bau dem trüben, sehr feinkristallinischen Eis zu vergleichen sein, das aus unterkühltem Wasser entsteht. Wenn Flüsse und Seen bei Frost ohne Schnee (Kahlfrost)

gefroren sind, sieht man unter der glashellen Eisdecke dunkle, trübe Stellen; dort steigt Grundeis bis zur Unterseite der Eisdecke empor. Da man Grundeismassen von 2 m Dicke im Rhein beobachtet hat, ist es nicht überraschend, daß das Grundeis Holzstücke, Anker, Ketten und dergleichen vom Grunde des Flusses in die Höhe trägt.

Salzwassereis.

Das Eis aus Salzwasser, das bei Temperaturen von — 2,1 bis —2,6 gefriert, behält immer einen Teil des Salzgehaltes, und zwar um so mehr, je plötzlicher das Gefrieren eingesetzt hat. Solches Eis ist weniger klar und weniger glasähnlich als das Süßwassereis, mehr trüb und weißlich, auch nicht spröde, sondern zähe; es enthält bis zu 0,65 Prozent Chlor und verliert seine plastischen Eigenschaften erst bei sehr niedriger Temperatur, etwa bei —20°. Das Eis, das an das erstgebildete ankristallisiert, bildet sich aus anderem Wasser, und so ist es bei jedem späteren Gefrieren; das zuerst gefrorene Eis verliert aber, wo es sich in Berührung mit dem Wasser oder mit wärmerer Luft erwärmt und zusammenzieht, von seinem Salzgehalte, wie denn altes Meereis oft chlorärmer sein kann als reines Seeneis. Wrangel hat zuerst das Ausblühen von Salzkristallen auf der Eisoberfläche beobachtet, und Weyprecht beschreibt es genau. Da nun außerdem die Sulfate fester mit dem Eis verbunden bleiben als die Chloride, entsteht ein Meereis von je nach dem Alter wechselnder Zusammensetzung. Meereis ist kein homogener Körper. Petterson vergleicht es mit einem Granit, den eine Reihe von ganz verschiedenen kristallisierten Substanzen aufbaut, von denen auch jede, sei es Feldspat, Glimmer oder Quarz, sich in ihrer Weise zersetzt, wobei eine nach der anderen, als Lösung oder mechanisch fortgeführt, ausscheidet. So ergreift auch die Zersetzung eine von den Eisarten, die einen Block Meereis aufbauen, nach der anderen, und die wenigst zersetzlichen treiben als „Eisskelette" äquatorwärts, bis sie wieder flüssig werden.

Man pflegt zu sagen: Aus Meerwasser kristallisiert reines Wasser, während Salz nur mechanisch mit dem Meereis eingeschlossen ist, Meereis ist also ein mechanisches Gemenge von Wasserkristallen mit anhängenden Salzen. Aber die chemische Zusammensetzung des Meereises und des Wassers, aus dem es gefroren ist, rechtfertigen keineswegs diese Auffassung; denn weder besteht dieses Wasser aus konzentriertem Meerwasser, noch entspricht das Meereis verdünntem, sondern das Meerwasser zerfällt durch Gefrieren in zwei verschiedene Salzlösungen, eine flüssige und eine feste, und in jener sind mehr Chloride, in dieser mehr Sulfate enthalten. Die Temperaturschwankungen und die Berührung mit flüssigem Wasser ändert dieses Verhältnis mit der Zeit immer weiter in dem Sinn ab, daß das Eis chlorärmer wird; dabei sammeln sich die Chloride größtenteils in den oberen Schichten des Eises an. Schwankungen in dem Sulfatgehalte des Meerwassers, den man nach dem Meeresboden hin zunehmen sieht, hängen wahrscheinlich mit dieser Spaltung der Salze beim Gefrieren zusammen.

Die erste, jüngste Form des Eises im Meer ist der Eisbrei, bestehend aus Kristallen, die sich eben gebildet haben, und kleinen Bruchstücken der ersten Eisdecke des Spätsommers. Wenn die Temperatur weiter sinkt, bildet sich aus der Vereinigung dieser Eisteilchen eine zähe Decke von Jungeis, das durch Anfrieren von oben und unten und durch Schneefälle von oben wächst. Junges Eis, das in der schützenden Umgebung alten Eises sich bildet, nennt man Baieis. Beides wird bald zertrümmert werden und zerfällt in Scholleneis und Eisfelder, die durch die Größe verschieden sind. Vom Winde bewegt, bilden sie das Treibeis. Der Wind treibt dieses Eis entweder auseinander oder zusammen; im ersteren Fall wird es Scholleneis, im anderen Packeis. Das Packeis besteht aus zusammen- und übereinandergeschobenen Eisfeldern und Eisschollen, die durch junges Eis verkittet sein können; in diesem Falle bilden sie eine geschlossene Eiskante, die auf Hunderte von Kilometern wie eine Mauer dem Schiffer entgegenstarrt.

Von weitem kündigt sich ihre Lage durch den Reflex des Eises in der Luft, einen hellen Schimmer am Horizont an, den man Eisblink nennt. Diese Eiskante hat ihre Buchten und Eingänge, die im Sommer besonders durch warme Strömungen, im Frühling durch Stürme verursacht werden, und hinter ihr liegen offene, eisumschlossene Stellen, die man Wacken nennt.

B. Schneedecke und Firnflecken.

Inhalt: Der Schnee. — Die Verbreitung des Schnees. — Bildung und Rückbildung der Schneedecke. — Die Lawinen. — Der Firn. — Die Firnlagerung. Firnflecken. — Schnee, Firn und Gletscher.

Der Schnee.

Der Schnee kristallisiert oder sublimiert unmittelbar aus dem Wasserdampfe der Luft in den Formen des hexagonalen Systems. Er zeigt daher die mannigfaltigsten Abwandlungen von sechsstrahligen Sternen, sechsseitigen Tafeln und sechsflächigen Prismen (vgl. die Abbildung, S. 20). Diese Schneekristalle sind, verglichen mit den gewöhnlichen Schneeflocken, von geringer Größe. Nach Hellmanns Messungen ist die mittlere Größe der strahligen Sterne 2,3, der strahligen Sterne mit plättchenförmig verbreiterten Spitzen 1,6, der Plättchen 1,3 mm. Doch kommen Schneesterne von 7 mm Durchmesser vor. Die bei ein und demselben Schneefall eine ähnliche Größe bewahrenden Schneekristalle werden bei zunehmender Kälte kleiner und dünner. Endlich sinken sie bis zu Staubgröße herab, und so kennt man sie aus den Berichten der Polarfahrer und winterlichen Hochgebirgsreisenden. Der Schnee kommt selten so zu Boden, wie er sich gebildet hat; er ist in der Regel ein Erzeugnis kälterer Höhen der Atmosphäre, aus denen seine Kristalle unter wesentlichen Veränderungen zu uns herabschweben.

Erst die Photographie hat die wahre Gestalt der Schneekristalle gezeigt; man hatte sie immer viel zu regelmäßig gezeichnet. Allerdings ist die kristallinische Regelmäßigkeit ihre Grundeigenschaft, aber Abweichungen von den regelmäßigen Kristallformen des hexagonalen Systems gehören ebensogut zu ihrem Wesen. Verschiebungen, Verbiegungen, asymetrische Stellung der Strahlen und Seiten sind sehr häufig. Die regelmäßigsten Schneegestalten kommen nach alter Erfahrung bei ganz ruhigem Frostwetter vor. Zu den äußeren Einflüssen, die störend einwirken, gehört der Wind, der schon beim Entstehen des Schnees den einzelnen Kristallen verschiedene Mengen Feuchtigkeit zuführt, und die fertig gebildeten ohne Schonung umherwirbelt und durcheinanderwirft; dazu gehört besonders auch der Unterschied im Feuchtigkeitsgehalt der Luft, der schon gebildete Kristalle teilweise wieder verdunsten läßt und auf anderen ein Übermaß von Feuchtigkeit ablagert. Deswegen sind bei den Schneesternen die abwechselnden drei Strahlenpaare und bei den sechsseitigen Plättchen die Seiten fast immer ungleich lang und bei den Prismen die Flächen nicht genau parallel.

Der Physiker und Kristallograph mag die Schneekristalle nach kristallographischen Grundsätzen unterscheiden. Für den Geographen kommen vielmehr die Eigenschaften des Schnees in Betracht, die das Lagern des Schnees auf der Erde und die Bildung der Schneedecke beeinflussen. Dabei ist zunächst die Unterscheidung in tafelförmige Kristalle (strahlige Sterne, Plättchen und Kombinationen von beiden) und in säulenförmige Kristalle (Prismen, Pyramiden) zu beachten. Weiter unterscheiden wir die kleinsten und zartesten Formen des Schnees, die als einzelne Kristalle bis zur Staubgröße herabfallen, von den kleinen Schneeflocken, die aus locker verbundenen Gruppen von Schneekristallen bestehen, und von den größeren und schwereren, bei denen Reif oder Wassertröpfchen sich auf einem Gewirr von Schneekristallen und deren

Bruchstücken niedergeschlagen haben. Die letzteren, die eigentlichen Schneeflocken, sind die ausgiebigsten; sie liefern den meisten und wasserreichsten Schnee. Diese Dreiteilung entspricht im allgemeinen auch den Schneefalltemperaturen, denn die Kristalle fallen bei den niedrigsten, die größten und schwersten Schneeflocken bei den höchsten Temperaturen, jene im tiefsten Winter, diese in der Regel mehr im Frühling.

Für die Bildung der Schneedecke ist die Dichte des Schnees am wichtigsten. Im allgemeinen ist Schnee bei niedrigen Temperaturen am lockersten, bei hohen am dichtesten. Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt gefallener, trockener Schnee kann über 30mal so leicht als Wasser sein. Am häufigsten ist bei solchem Schnee das spezifische Gewicht von 0,06 bis 0,08, dagegen bei Frühjahrsschnee, der in großen Flocken bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt gefallen ist, 0,15; dieser ist also 8—9mal so leicht als Wasser. Noch dichter sind die Übergangsformen zwischen Schnee und Hagel sowie die Eiskügelchen, die nichts als gefrorene Wasserkügelchen sind. Die besonders im Hochgebirge häufig fallenden Graupeln sind dicht zusammengeballte Schneekörner, während die Hagelkörner aus Schichten härteren und weicheren Eises bestehen, die oft um einen Kern, der graupelähnlich sein kann, so angelagert sind, daß man ihre Bildung aus aufeinanderfolgenden Niederschlägen deutlich erkennt; ihre Größe wächst bis zu den Maßen großer Hühnereier heran. Nicht selten sind die Hagelkörner deutlich kristallinisch. Wo sie auf Schnee fallen, tragen Graupeln und Hagel zur Verdichtung bei, und das ist nicht unwichtig in Ländern, wo Graupeln so häufig sind, wie in den Gebirgen warmer Zonen. Schon in den Alpen kommen jenseit von 2000 m Höhe viele Fälle von körneligem, graupelartigem Schnee im Sommer vor, auch in Italien setzen Schneefälle oft mit Graupeln ein, und in den tropischen Hochländern der Anden oder Abessiniens sind Graupelfälle gewöhnlich, weshalb auch die Firnfelder in diesen Gegenden fälschlich als Hagelfelder bezeichnet worden sind. Alle Formen des Reifes tragen zur Verdichtung des Schnees bei. Schon in unseren Mittelgebirgen und in den Alpenthälern sieht man riesige Rauchfrostkristalle, die bis 15 cm Länge erreichen, sich bei Nebel und Frost dicht auf der Schneeoberfläche ansetzen und mit dieser eine völlig zusammenhängende Decke bilden; bei Wärme zerfallend, mischen sie sich dem Schnee bei, wodurch Verdichtung entsteht. Ebenso fallen im Walde von den Bäumen der Rauchfrost, die gefrorenen Schmelzwassertropfen und Eiskrusten der Zweige in den Schnee und verdichten die Schneedecke.

Luft, die im lockeren Flockenschnee über $^{19}/_{20}$ des Volumens einnimmt, ist ein wesentlicher und charakteristischer Bestandteil des Schnees und des Hagels. Mit dem Schnee hängt sie ungemein innig zusammen, bedingt seine weiße Farbe und kann nur durch Schmelzung vollständig entfernt werden. Auch in den Hagelkörnern kommt Luft in großen bis mikroskopisch kleinen, öfters gestreckten und radial gestellten Bläschen in größeren Mengen vor. Da ferner Schnee aus der Luft Kohlensäure aufnimmt, ist Schneewasser kohlensäurereicher als Regenwasser, und die Luft über einer Schneefläche kohlensäurereicher als über trockenem Land. Vielleicht hängt damit der größere Kohlensäurereichtum der arktischen Luft zusammen, den Moß gefunden haben will. Der Schnee der Städte wirkt so verderblich auf zersetzliche Gesteine, besonders Marmor, weil er mit Vorliebe auch die schwefelige Säure der Verbrennungsgase aufnimmt. Die Schneeflocken sind durch ihre Gestalt und Größe besonders geeignet, Staub aus der Luft aufzufangen. Unsere Lungen fühlen es, wie ein Schneegestöber die Luft reinigt.

Es ist eine altbekannte Thatsache, daß die starke Refraktion der Firnflächen die Polarnächte erhellt und dem Menschen das Ertragen monatelanger Dunkelheit erleichtert. Doch scheint Schnee unter

Umständen mit eigenem Lichte zu leuchten. Darüber gibt es Beobachtungen von Tuckett vom Aletschhorn und von den Brüdern Schlagintweit, die zuerst bemerkten, daß Firn und Eis schwach phosphoreszieren, wenn sie bei einigen Graden unter Null der Sonne ausgesetzt waren und dann in ein dunkeles Zimmer gebracht werden. Auch im Flachland sind oft frischbeschneite Flächen fern von jeder künstlichen Beleuchtung wie von einem schwachen Schimmer erhellt. Gletscher senden ebenfalls ein weißliches Licht aus, das wohl ihrer Firndecke angehört. Maurer beobachtete in einer Augustnacht im Thale von Arosa, wie „aus den schwarzkalten Umrissen des Arosa-Rothhorns, dessen kleines, scharf abfallendes Firnfeld am Tage im zurückgestrahlten Lichte der Sonne malerisch heruntergrüßt, die Oberfläche des kleinen Gletschers in phosphoreszierendem Glanze strahlte". Das auf und ab wogende gespenstische Leuchten dauerte eine halbe Stunde. Auch bei Lawinenfällen hat man ein Leuchten beobachtet, z. B. als am 27. Dezember 1819 eine sehr große Eislawine vom Weißhorngletscher ins Visperthal stürzte.

Die Verbreitung des Schnees.

Schnee fällt auf der Nord- und Südhalbkugel in den kalten und gemäßigten Zonen, während die Tropenzonen und die nächst angrenzenden warmen gemäßigten Gebiete im Tiefland und in mittleren Höhen schneefallfrei sind. Die Äquatorialgrenze vereinzelter Schneefälle liegt auf der Nordhalbkugel um den 30. Grad. Sie überschreitet den 30. Grad nach Norden im Atlantischen Ozean, wo die Bermudas und Azoren, nicht aber Madeira, noch Schneefall haben, bildet einen Gürtel in Nordafrika, der die Atlasländer, Tunis und Tripolis bis jenseit von Ghadames und Sokna, ferner Barka und Unterägypten umfaßt. Das ganze Mittelmeer hat also Schneefälle. Von der Spitze der Sinaihalbinsel zieht die Linie bis zum Schatt-el-Arab, umfaßt Iran bis auf einen schmalen Küstenstreifen und umzieht von Lahore an den Südfuß des Himalaya, um sich bis Kanton südlich vom Wendekreis zu senken. Im Stillen Ozean steigt sie an bis nach Los Angeles in Kalifornien und senkt sich dann in Mexiko bis südlich vom 20. Grad nördl. Breite, um neuerdings im Atlantischen Ozean anzusteigen. Auf der Südhalbkugel liegt sie im ganzen beim 35. Grad, nähert sich in Südafrika und Australien dem Wendekreis, überschreitet diesen weit in den Anden Südamerikas und erreicht auch bei Rio noch den 20. Grad. Im allgemeinen reicht die Schneefalllinie an der Ostseite der Nordkontinente tiefer äquatorwärts als an der Westseite, ebenso wie sie in den nördlichen Ozeanen von Westen nach Süden ansteigt. Afrika ist am schneefreiesten, Europa aber ist der einzige Erdteil, der ganz in die Schneefallzone fällt.

Innerhalb ihrer Grenzen sind die Schneefälle wiederum vom Wetter und von der Höhe abhängig. Überall fällt Schnee am häufigsten in der kalten Jahreszeit. Aber in den Polargebieten und in den Hochgebirgen kann es zu jeder Zeit des Jahres schneien. In Sibirien wie in Grönland verlängern sich die Schneefälle bis in den Sommer hinein.

Wrangel berichtet, daß die Gegend von Nischne-Kolymsk, welche die Tundra im Westen, das Eismeer im Norden hat, mitten im Sommer, wenn der Nordwest sich erhebt, von Schneestürmen heimgesucht wird. John Roß schreibt von einem Schneefall in Boothia Felix am 30. August 1829, bei dem bei $+1,1^{0}$ Schnee und Hagel fiel, der am 31. sich in Graupeln verwandelte und dann in Regen überging. Bei demselben Julianehaab, das bei Föhnregen um Weihnachten schneefrei wird, bleibt oft mitten im Juni der Schnee so lange liegen, daß das Wirtschaftsleben tief gestört und besonders das bißchen Viehzucht mit Verderben bedroht wird. Daher liegen an geschützten Stellen, in Sibirien besonders in den zu Flüssen hinabführenden Schluchten, im Sommer verfirnte Schneemassen; im Anadyrgebiet, wo die Schneefälle von Anfang September bis Ende Mai dauern, bleiben Firnflecken an geschützten Stellen der Küste, solange das Eis vor der Küste liegt; und dies geht erst gegen Ende Juni ab. Ganz ähnlich sind die Verhältnisse im südlichen Nowaja Semlja, wo Sommerschnee nie ausgeschlossen ist. Wenn die Firnflecken bei Überschwemmungen mit Erde bedeckt werden, können sie Jahre überdauern. Schrenk glaubte, daß in solchen alten Firnlagern die diluvialen Riesendickhäuter versunken seien, deren gefrorene Reste

man nach Jahrtausenden unversehrt und ohne eine Spur anhängender Erde im Eise gefunden hat. Vgl. damit das weiter unten, S. 391, über fossiles Eis Gesagte.

In Sibirien, wo die Schneedecke von außerordentlicher Bedeutung auch für das Leben der Menschen ist, gibt es jenseit des Polarkreises keinen ganz schneefreien Monat. Die größten Schneemassen fallen in Sibirien allerdings in der Regel in der Übergangszeit vom Herbst in den Winter. Frühe Schneefälle kommen schon Anfang August, späte noch in der zweiten Junihälfte vor, und dazwischen kennen wir Nachtfröste im Juli, die gelegentlich auch Schnee bringen. Aber erst Mitte September hüllt sich dort die Natur in das Winterkleid, indem bei heftigem Nordost eine dichte Schneedecke sich bildet. Diese für den Verkehr in der Voreisenbahnzeit unentbehrliche Schneedecke bleibt dann bis in den April, im Norden bis in den Mai liegen. Im Inneren Asiens und Nordamerikas ist die Abnahme der gesamten Niederschläge und die Verschiebung des Niederschlagsmaximums auf den Sommer der Bildung der Schneedecke ungünstig. Der Schnee nimmt nach Süden zu rasch ab. Zwar fällt aus der trockenen Steppenluft nicht selten Schnee, aber die Schneedecke wird in der Regel nicht tief, und die Verdunstung zehrt sie rasch auf.

Prschewalskij hatte in der dsungarischen Wüste den ersten Schneefall gegen Ende Oktober, den letzten Ende April. In Tibet hatte er 1878 im Dezember und Januar 16, 1879 vom Oktober bis zum Dezember 17 Schneefälle. Allein die Menge war so gering, daß er in der Regel schon am nächsten Tage durch Sturm und Sonne wieder verschwunden war und nur auf den Bergen und an deren Nordabhängen länger liegen blieb. In Kaschgar vergeht mancher Dezember und Januar ohne Schneefall, obgleich das Thermometer nicht selten unter Null sinkt.

In den Ländern ozeanischen Klimas fallen reiche Niederschläge, und ihre größte Menge gehört dem Winter an; das sind zwei Gründe, die dort ausgiebigen Schneefall begünstigen. Daher die großen Schneefälle in den Ländern der kalten gemäßigten Zone, die den Seewinden offenliegen, daher das Herabsteigen zusammenhängender Firn- und Eismassen bis zum Meer auf den ozeanischen Inseln des Südmeeres von 53° südl. Breite an, der Gletscherreichtum solcher Küstenstreifen in Nordwest- und Südwestamerika, im südwestlichen Neuseeland, in Norwegen. Typisch für ein Gebiet dieser Art in subpolarer Lage ist Jan Mayen, wo die Beobachtungen von Juli 1882 bis August 1883: 249 Stunden mit Regen und 1002 mit Schneefall zeigen und die Schneeschmelze Ende Mai beginnt.

In den Gebirgen gehört Sommerschnee zu den gewöhnlichen Erscheinungen. 1888 betrug auf der Schneekoppe die schneefreie Zeit nur 39 Tage (12. Juli bis 20. August). In Sulden, am Fuße des Ortler (1840 m), und in Vent (1845 m) kann Schnee in allen Monaten fallen. Im Tieflande der kalten gemäßigten Zone beginnt in Europa die Schneefallperiode im Oktober oder November und endet im April oder Mai; sie umfaßt in Westdeutschland 140—160 Tage. Mit der Erhebung des Bodens wächst sie, so daß sie in München 168, in Kreuth (830 m) 221 und auf dem Gipfel des Wendelstein 253 Tage umfaßt. Dabei sind aber Orte, die von Norden und Osten offen sind, schneereicher als andere. Von Jahr zu Jahr schwankt die Dauer der Schneefallperiode, in Leipzig zwischen 140 und 270 Tagen. Entsprechend der Wärmeverteilung über das Jahr sind in unserem Klima die späten Frühjahrsschneefälle häufiger als der frühe Herbstschnee. Die ozeanischen Einflüsse, die das kalte Frühjahr begünstigen, machen, daß in Nordwesteuropa die Schneetage des März oft ebenso zahlreich sind wie die des Dezember oder Januar. Die Zahl der Schneetage nimmt im Verhältnis zu der der Regentage mit dem Froste zu. In Leipzig sind im Winter 56, im Frühling 22, im Herbst 13 Prozent der Tage mit Niederschlägen Schneefalltage.

Von großer Wichtigkeit ist die Stellung der Gebirge zum Schneefall und zur Bildung der Schneedecke. In allen Gebirgen werden mit zunehmender Höhe die Schneefälle zahlreicher und ausgiebiger, wogegen Abschmelzung und Verdunstung unwirksamer werden; daher nimmt die Schneedecke mit der Höhe an Tiefe und Dauer zu. Mindestens bis 2000 m dürfte die

Niederschlagsmenge in den Gebirgen Mitteleuropas überhaupt zunehmen (s. unten im Abschnitt über die Niederschläge), und dazu kommt die Vermehrung der Winterniederschläge mit der Höhe. Wenn ringsum im Tief- und Hügelland die Mehrzahl der Niederschläge im Sommer fällt, weisen alle unsere Gebirge ein Wintermaximum auf. So zeigen die Niederschläge auf dem Brocken, die in Summa 1700 mm betragen, ein Hauptmaximum im Dezember, ein kleineres im Juli. Zugleich nimmt auch der Anteil der festen Niederschläge an der Gesamtsumme mit der Höhe entschieden zu.

Bildung und Rückbildung der Schneedecke.

Der Spätherbstschnee, der bei uns in der Regel im November zu fallen beginnt, bildet niemals im Tief- und Hügelland eine andauernde Schneedecke. Diese beginnt erst mit den Dezemberschneefällen, die aber im Tiefland selten eine Schneedecke von mehrwöchiger Dauer hervorbringen. Eine Schneedecke von 40tägiger Dauer, wie sie in dem kalten Dezember 1879 und Januar 1880 in Mittel- und Süddeutschland lag, ist ungewöhnlich; neue Schneedecken von kurzer Dauer bringt bei uns fast regelmäßig wieder der März, nachdem die Winterschneedecke mit Ende Februar völlig aufgelöst war. In höheren Breiten und im Gebirge kann dagegen der Dezemberschnee recht wohl bis in den Mai liegen bleiben. 1869 fiel in der Klagenfurter Gegend Schnee am 27. Oktober, der, durch spätere Fälle verstärkt, 168 Tage liegen blieb. Da erreicht denn der Schnee mit der Zeit eine beträchtliche Tiefe. Ein einmaliger Schneefall erzeugt bei uns höchstens eine Schneedecke von 30 cm, während eine Schneedecke, die metertief ist, auch im Mittelgebirge zu den Seltenheiten gehört.

Auf dem Inselsberge lagen Anfang Januar 1883: 30 cm Schnee, der bis Ende Februar auf 15 zusammengesunken und verdunstet, im März auf mehr als 70 cm gestiegen und am 15. Mai wieder auf 15 cm zusammengeschmolzen war. Am 21. Oktober fiel der erste Spätherbstschnee, der bald wieder wegtaute, am 16. November begann die Bildung der neuen Schneedecke mit 10 cm, dann kam Wachstum bis zum 16. auf 25 und Zusammenschmelzen auf 10 cm am 30. November, neue Schneefälle folgten Anfang Dezember und nach neuerlichem Abschmelzen Wachstum auf 70 cm vom 20. Dezember an.

Die Verdunstung spielt beim Schnee in unserem Klima keine große Rolle, da in den drei Wintermonaten die Verdunstung von einer Wasserfläche 5,5mal geringer als in den drei Sommermonaten ist. Nicht unerwähnt bleibe aber die für die Erhaltung der Schneedecke wichtige Regel, daß auf starken Schneefall Frost folgt.

Die Dauer und Höhe der Schneedecke zeigen sich in einer mittleren Gebirgslage des Bayrischen Waldes, Rabenstein bei Zwiesel, in 676 m Meereshöhe, nach zehnjährigen Messungen folgendermaßen: Januar, Februar und März haben die längste Dauer der zusammenhängenden Schneedecke aufzuweisen, die nach dem zehnjährigen Durchschnitt im Januar 30,7, im Februar 28 und im März 27,4 Tage liegt. Auch der Dezember kann noch als Schneemonat bezeichnet werden, da er fast 26 Tage mit Schneedecke hat. Der November zeigt 9,5, der April 7,9 Tage mit Schneedecke unter großen Schwankungen, denn wir haben November mit 21 und mit 2, April mit 17 und ohne Schneedeckentag. Der Oktober hat durchschnittlich 2,3, der Mai 1,1 Tage mit Schneedecke. Die Gesamtzahl der Tage mit Schneedecke beträgt für diesen Ort des Bayrischen Waldes 132,6. Für die durchschnittliche Jahreshöhe des ganzen Schneefalles erhalten wir nach denselben zehnjährigen Beobachtungen 5500 cm, und zwar wächst die Summe der Schneetiefen in jedem Monat von 7 im Oktober auf 60 im November, 565 im Dezember, 1183 im Januar, 1911 im Februar und sinkt dann langsam auf 1597 im März, 185 im April und 11 im Mai (s. die graphischen Darstellungen, S. 303).

Sobald der Schnee auf dem Boden angelangt ist, verändert er sich. Ist der Boden warm, so schmilzt der Schnee in den untersten Lagen und verdichtet sich; an der Oberfläche schmilzt oder verdunstet er oder erfährt eine Verdichtung durch Wasser, das sich auf ihm flüssig oder

Fig. 2. Höhenmaßstab 1:50.

Kurven der mittleren Schneebedeckung für Rabenstein i. Bayr. Wald. (675 m ü. M.)
Nach *Paul Wagner*. Vgl. Text, S. 302.

Kurven der Schneehöhen nach Meereshöhe und Exposition 1898/99.
Nach *Paul Wagner*. Vgl. Text, S. 302.

fest niederschlägt (s. unten bei „Reif"). Er entwickelt dabei Eigenschaften, die auch praktisch wichtig sind: für die Polarreisenden war es immer, wenn sie Schlittenreisen oder Fußwanderungen antraten, eine große Frage, ob der Schnee trocken und pulverig oder mit einem Eisspiegel bedeckt oder feucht und dicht war, denn bei niedrigen Temperaturen wird die Fortbewegung der Schlitten auf dem trockenen, sandartigen Schnee sehr schwierig. Daß auch die Antarktis diesen pulverigen Schnee hat, scheint Arktowskis Angabe zu beweisen, daß nach drei Sonnentagen der Schnee noch unverfirnt 12 cm tief und locker war; darunter lag gefrorener Firn.

Die Schneekristalle und Schneeflocken sind durch ihre Gestalt und Leichtigkeit im stande, Gebilde zu bauen, die nicht unmittelbar der Schwerkraft folgen. Der frischgefallene Schnee wölbt sich brückenartig über Schluchten, überdeckt in trügerischer Weise Gletscherspalten und baut sich vom Gebirgsgrate wagerecht in die freie Luft hinaus. Gesims oder Corniche nennt man diese an Schneegraten hinausgebauten „Schneewächten", die den Bergsteiger zur allergrößten Vorsicht mahnen. Man hat solche Gesimse von 4 m Breite gemessen. Der Wind, der schon beim Fallen des Schnees das Schneegestöber verursacht, wirkt auf den noch beweglichen, aber gefallenen Schnee, indem er ihn fortführt und dünenartig aufhäuft. Es entstehen dadurch die Schneewehen, die in der Richtung des Windes den Schnee treiben, bis er vor einem Hindernis oder in einer Vertiefung niederfällt. Dabei kommt weniger die Masse des Schnees an sich, als die Kraft der den Schnee bewegenden Winde in Betracht. In Schluchten und Gruben häuft der Wind den hineingeworfenen Schnee an; die Ungleichheit der Lagerung des Schnees, die dadurch entsteht, wirkt oft lange nach. Wenn die Westseite eines Gebirges im Frühsommer schon schneefrei ist, liegt auf der Ostseite noch der verfirnte Schnee, den im Winter der Westwind auf die Ostseite herübergeworfen hatte. Das Übergewicht der Vergletscherung auf der Windschattenseite mancher Gebirge hängt wohl mit dieser ursprünglichen Verlagerung des Schnees zusammen. Aber auch in der Ebene weht er die Schneedecke zum zehnfachen Betrag ihrer natürlichen Höhe auf. In schneereichen Ländern ist die Verbauung der Straßen und Eisenbahnen durch Schneewehen als eine Gefahr, die allwinterlich dem Verkehr droht, bei der Anlage der Verkehrswege scharf im Auge zu behalten. In den Alpen kommt es häufig vor, daß Hütten unter einer 6 m hohen Schneewehe verschwinden. Wir hören von 10 m tiefem Schnee am Brocken und von 20 m und mehr Schneetiefe im sogenannten Gletscherthal am Sonnblick.

Selten ist bei stärkeren Schneefällen die Luft ganz ruhig. Schneetreiben ist in den gemäßigten Zonen und in den Gebirgen aller Zonen häufig. Der Schnee fällt also von vornherein ungleich und wird von dem Winde fortgetrieben, bis die Reibung des Bodens oder ein ausgesprochenes Hindernis seine Kraft schwächt. Daher bilden sich echte Schneedünen, die den Gesetzen der Sanddünen folgen, nur daß der Schnee viel rascher als Sand seine Beweglichkeit verliert. Die Erscheinungen bei solchen Schneewehen kann man in wenige Sätze zusammenfassen: Wenig Schnee in der Richtung, aus welcher der Wind kommt, Schneeanhäufungen in der entgegengesetzten und schwächere Ansammlungen rechts und links davon. Zurückgestoßen, fällt der Schnee in einiger Entfernung von einem Hindernis nieder, läßt also einen Graben zwischen ihm und sich. Wo der Wind freies Spiel über weite Flächen hin hat, wirft er den Schnee zu Paralleldünen auf, die auch in unseren Gebirgen bis zu Meterhöhe vorkommen. Von großer Ausdehnung sind sie in den weiten Ebenen Osteuropas und Nordasiens, wo man sie Sastrúgi nennt. In wald- und berglosen, schneebedeckten Ebenen bietet die gleiche Richtung der Schneedünen das einfachste Mittel zur Orientierung. Hat ein jüngerer Sturm die älteren Sastrúgi verwischt, so gräbt der Wanderer, bis er ihre Richtung erkennt. „Auch uns", sagt

Ferdinand von Wrangel, „diente die Sastrúga zur Bestimmung unseres Weges, da der Kompaß während des Fahrens (im Schlitten) nicht zu gebrauchen ist.“ In anderer Weise sind die leichteren Unebenheiten der Firnflächen der Hochgebirge dem Bergsteiger von Nutzen, dessen Ansteigen sie um so mehr erleichtern, als die stufenförmigen Erhöhungen des Firns dichter und fester zu sein pflegen als seine Vertiefungen.

Das Schmelzen des Schnees geschieht durch die Sonne, durch warme Luft, durch Regen, und wird begünstigt durch Felswände und Bäume, welche die Wärmestrahlen zurückwerfen, und durch kleine dunkle Körper auf dem Schnee, besonders Staub. Die Kraft der Sonnenstrahlen in der reinen Luft schneebedeckter Höhen macht auch bei Frostwetter im Schnee sich geltend. Die Beobachtungen am Theodul sprechen von Erweichen des Schnees bei -14° Lufttemperatur, und am 22. Dezember sah man die Spuren des Schmelzwassers selbst am Matterhorn, wobei der Unterschied der Wärme in der Sonne und im Schatten bis auf nahezu 23° ($-6,6^{\circ}$ und $+16,2^{\circ}$) stieg. Die besonnten Hänge werden immer früher schneefrei als die im Schatten liegenden, und an Nord- und Nordwestabhängen bleiben die Reste der Schneedecke, die Firnflecken, am längsten liegen. Die Betrachtung der Firngrenze wird uns diese Unterschiede näher kennen lehren (s. unten, S. 318 u. f.). Im Winter ist natürlich der Unterschied der Lage zur Sonne unwirksam, aber mit dem Höhersteigen der Sonne im Frühling wird er immer deutlicher sichtbar. In dem sonnenscheinarmen Klima des Südmeeres erweist sich der Regen als ein viel mächtigeres Werkzeug der Schneeschmelze als die Sonnenstrahlen. Auch von der Unterlage hängt zu einem Teile die Dauerhaftigkeit des Schnees und der aus ihm entstehenden Firnlager ab. Undurchlässige Felsunterlage ist ihr günstig, noch mehr gleichförmiger Schutt, in dessen tausend Spalten das Wasser langsam unter Abkühlung versickert. Dagegen verschwindet rasch der Schnee auf den blockbesäeten Gipfeln, wo er in die Spalten hineingeweht wird und sein Schmelzwasser tausend Löcher findet, in die es hineinsinkt. Das ist der Grund, warum die aus Granitblöcken aufgehäuften Gipfel des Fichtelgebirges oder des Böhmerwaldes so oft braun auf die Schneedecke zu ihren Füßen herabschauen. Da dunkle Gesteine die Abschmelzung befördern, sind viele Basaltkuppen früh schneefrei. Auch von dem dunkeln Boden des frischgepflügten Ackers schwindet der Schnee rascher, und ebenso sind nasse Moore der Schneedecke nicht günstig. Über den Einfluß des Waldes s. unten, S. 344.

Da die Schneeoberfläche selten ganz gleichförmig ist, wirkt auch die Abschmelzung durch Sonne und Luftwärme ungleichmäßig. Sie erzeugt tiefere Stellen, wo der Schnee weich, und Hervorragungen, wo er fest ist. Zu solchen Unterschieden genügt es, daß der Wind eine Stelle poliert hat, oder daß an einer anderen sich Rauchfrost angesetzt hat. Von jedem kleinsten dunkeln Körper, der die Oberfläche des Schnees unterbricht, geht ein Schmelzprozeß aus. Selbst die letzten Spitzen der Grashalme, welche über die Schneedecke der Brockenkuppen eben hervorzuragen beginnen, wenn Verdunstung und Abschmelzung an der Arbeit sind, umgeben sich mit trichterförmigen Einsenkungen, die der Schneeoberfläche ein narbiges Ansehen verleihen. Wo die Sonne kräftig wirkt, entstehen solche Einsenkungen, noch ehe der dunkle Gegenstand hervortritt, durch Wärmestrahlen, welche die Schneeoberfläche durchdringen.

Daher läßt auch die Schneedecke immer einen Zwischenraum zwischen sich und dem Baum, dem Fels, der aus ihr hervorragt; es wiederholt sich hier der „Bergschrund“ (s. unten, S. 316), den man ganz unrichtig nur auf die Bewegung des Firnes vom Berge weg zurückführt. Lag ein Firnfleck steil an einer Felswand, so wird er durch das Wegschmelzen an der Rückseite frei und steht als ein Firnschild vor der Wand. Kleine Gegenstände, z. B. Steinplättchen, die lose auf dem Schnee liegen, schmelzen sich unter eigentümlich drehenden Bewegungen ein und bilden, indem sie langsam tiefer hinabsinken, eine

spiralig gedrehte Röhre, an deren Grunde sie liegen. Von den blendend weißen Schneehängen antarktischer Inseln heben sich dunkle Stellen ab, oft tief eingeschmolzen, wo Seevögel ihre Spuren zurückgelassen haben.

Wie auf dem Gletscher sich Gletschertische dort finden, wo eine Felsplatte das Eis unter sich vor Abschmelzung schützt, so sieht man auf den Firnflecken Steine, Holz- und Rindenstücke, ja grünende Büsche, die ein Sturm herabgeweht hat, auf einem Firnfuß sich erheben; in der Regel ruhen sie ihm aber nicht horizontal wie die Platte eines Tisches auf, sondern sind nach der rascher abschmelzenden Südseite geneigt. Nach Damians Beobachtungen übt selbst der durch Sphaerella nivalis gefärbte „Blutschnee" eine ähnliche Wirkung. Die Tropensonne, die

Büßerschnee im Valle del Penitente an der Nordseite des Aconcagua, bei 4400 m Höhe. Nach Paul Güßfeldt.

senkrecht oder bei einem Zenithabstand von nur 10°, in dünner Luft und von selten bewegtem Himmel einstrahlt, zerklüftet Firnlager durch tiefe Schmelzwasser- und Verdunstungsfurchen. In den großen Höhen, wo allein in diesen Breiten Firn liegen bleibt, kommen kräftige Winde hinzu. Indem die Sonnenstrahlen Pfeiler, Säulen und alle denkbaren aufrechten Gestalten aus den Firnkämmen herausschmelzen, entstehen seltsame Bildungen, die am meisten Ähnlichkeit mit den Erdpyramiden und an anderen Stellen mit den Karrenfeldern (s. Bd. I, S. 539 und 551) haben (s. die obenstehende Abbildung). Sie mögen so hoch werden, „daß ein Reiter dazwischen verschwindet, wie zwischen den hochschaftigen Gräsern einer afrikanischen Savanne". (Paul Güßfeldt.) Die spanisch-amerikanischen Andenbewohner haben dieser Bildung den bezeichnenden Namen „Nieve de los Penitentes", d. h. **Büßerschnee**, beigelegt, den Güßfeldt in die Wissenschaft eingeführt hat. Einige Firnfelder sind bloß oberflächlich zerfurcht und angeschmolzen, von anderen stehen nur noch einzelne Säulen und Mauern frei auf dem dunkeln Boden (vgl. auch die Abbildung oben, S. 13).

Die Schichtung des Firnes hängt viel mehr vom Schmelzen und Wiedergefrieren als von der Verschiedenheit der Schneefälle ab. In unserem Klima liegt niemals die Schneedecke einige Tage, ohne daß sie durch die Sonne, durch Regen oder durch Reif Veränderungen erfährt. In den beiden ersten Fällen sickert das Wasser von der Oberfläche hinein, bis seinem Fortschreiten durch die Dichte und die Temperatur ein Hindernis entsteht. Wo es stehen bleibt, bildet es eine Schneesulz, aus der bei nachdringendem Frost eine Eisplatte wird. Sinkt neues Schmelzwasser hinab, so verdickt sich das Eis. Doch kann es auch vorkommen, daß eine neue Eisplatte in etwas höherer Lage entsteht, die gerade so wirkt wie die erste. Und da nun das Schmelzwasser im Schnee niemals ganz allein vorkommt, sondern mit Staub beladen ist, wird der Wechsel von Schnee und Eisplatten mit der Zeit sehr sichtbar und erweckt den Anschein echter Schichtung. In der Regel erstreckt sich die Schichtung aber nicht durch einen großen Teil des Schneelagers hindurch, sondern es liegen Eisplatten von unebener Oberfläche in verschiedenen Höhen im Inneren des Schnees und Firns.

Eine fertige Schneedecke ist also kein einmaliges und kein einfaches Produkt. Sie besteht schon nach wenigen Tagen nicht mehr aus Schneekristallen, sondern aus Eiskörnern (Firn). Es stecken in ihr die Reste alter Schneefälle unter einer neuen Oberfläche, sie hat Regen, Reif, Tau aufgenommen, und man wird vielleicht an manchen Stellen Eisplatten, die Folgen früheren Schmelzens und darauffolgenden Frostes, finden. Auch werden immer lockere und dichtere Firnmassen in ihr abwechseln.

Die Lawinen.[1]

Die Lawine ist Schnee, der in größerer Menge im Gebirge von einer Höhe herabstürzt. Lawinen bilden sich also, wo Schnee reichlich auf geneigtem Untergrund oder über einem sehr steilen Abfalle liegt oder in Form von Schneewehen frei hinausragt. Begünstigend wirken auch innere Ungleichheiten, wobei schwere Eisplatten zwischen lockeren Schnee zu liegen kommen. Außer dem Eis, das aus nassem Schnee sich schon bei dem Drucke des Sturzes bildet, kann Firn und Eis dem Lawinenschnee beigemengt sein. Besonders aber sind mitgerissene Steine, Erde, Pflanzendecke, Bäume ein häufiger Bestandteil der Lawinen, die nach kurzem Abschmelzen den Lawinenschnee als einen bunt zusammengesetzten Schutthaufen erscheinen lassen, aus dem nicht selten Alpenrosen und andere Alpenpflanzen fröhlich hervorgrünen und -blühen.

Die Lawinenbildung setzt den Schneereichtum überragender Höhen voraus, wo die Lawine entsteht, und schneereiche Bahnen, bei deren Durchschreitung sie anwächst; sie hat daher im Hochgebirge ihre eigentliche Heimat. Kleinere Lawinen, die wohl auch eine Hütte zerdrücken, kommen im Riesengebirge und im Schwarzwald vor. Schnee, der bei ruhigem Wetter fiel, so daß seine Lagen senkrecht emporwachsen oder Gesimse in die Luft hinausbauen, ist besonders geneigt, Lawinen zu erzeugen. Ein Schneesturm, der die Flocken in die Mulden und Thäler hineinwirbelt, ist natürlich weniger gefährlich als ein Schneefall bei Windstille, der Massen an Stellen aufbaut, wo nicht ihres Bleibens sein kann. Je höher ein Gebirge die Firngrenze überragt, desto leichter tritt Lawinenbildung ein; daher findet sie z. B. in den Bayrischen Alpen nicht in großem Maße statt. Rascher Wechsel steiler Wände und tiefer Thäler begünstigt sie. Über

[1] Lawine ist ein künstliches Wort. In Tirol, Bayern und Kärnten sagt man Lahne: Schneelahne, Erdlahne, Grundlahne. Im Mittelhochdeutschen hat man Lane, im Schweizerisch-Alemannischen Läue, Lauwi, Läuane. Goethe hat es mit dem „von Osten wälzt Lauinen gleich herüber der Schnee“ besser getroffen als Schiller mit seinem „willst du die schlafende Löwin nicht wecken“.

500 m hohe Steilwände fallen sogar in Äquatorialafrika die Lawinen vom Ngomwimbi in die Thäler, aus denen der Semliki fließt.

Eine Lawine bei Chamonix. Nach Photographie von Gebr. Wehrli.

Die Staublawinen (s. die obenstehende Abbildung) sind mächtige, aus lockerem, beim Sturz zerstäubendem Schnee gebildete Wolken von Eisstaub, deren Gefahr nicht in dem Schnee

liegt, den sie bewegen, sondern in dem bis zu örtlichen Orkanen sich steigernden Druck der vorwärtsgedrängten und zusammengepreßten Luft. Man sieht sie aus der Ferne leuchtend von einem Berghange hinausflattern und in halb durchsichtige Nebelschleier sich auflösen. Die *Rutschlawinen* (s. die untenstehende Abbildung) oder eigentlichen Lahner sind Trümmer einer Schneedecke, die den Halt am Boden verloren haben und zu Thale gehen, wobei sie einen Teil des Bodens mitreißen. Sie wirken mehr durch den Druck ihres eigenen Gewichtes. Aus kleinen Anfängen, die oft nichts anderes sind als der Schneeball, den der Huf einer springenden Gemse loslöste, wächst die Lawine, indem sie immer mehr Schnee, zum Teil wie ein Band oder einen Spritzenschlauch, aufrollt, zuerst zu einem Cylinder, der um so größere Massen mitreißt, je schwerer er geworden und auf der Gegenseite seines Hanges noch bergauf stößt. Am 13. März 1899 fiel bei Lilledal nach starkem Schnee und Tauwetter eine 1500 m breite Lawine in den Strom und schoß auf der anderen Seite, beladen mit einer Masse von Fischen, bergaufwärts.

Eine *Schneelawine* am Hintersee bei Berchtesgaden. Nach Photographie.

Wenn auch die Lawine nicht gletschergleich dauernd und gleichmäßig das feste Wasser aus dem Gebirge herausführt, wäre es doch nicht richtig, sie wie eine Muhre oder eine Überschwemmung zu betrachten, die selten eintritt und höchst unregelmäßige Wirkungen hervorruft. Die Lawine ist vielmehr ein Werkzeug in dem großen Prozeß der Umlagerung der festen Niederschläge des Gebirges nach den orographischen Bedingungen. In vielen Gebirgsteilen ist, besonders im Frühling, der Donner der Schneelawinen ganz gewöhnlich; jedes Gebirge hat seine Lawinenzüge, d. h. Thalrinnen, in denen nach jedem größeren Schneefall so lange Lawinen niedergehen, bis das Gleichgewicht der Schneelagerung zwischen oben und unten hergestellt ist. Coaz zählt allein im Gotthardgebiete mehr als 500 Lawinenzüge oder -bahnen auf 325 qkm und schätzt, daß sie alljährlich 325 Millionen cbm Schnee zu Thale senden. Kleinere Lawinenbetten durchziehen Schneehänge in parallelen oder radialen Streifen, deren Boden von der Erde braun gefärbt ist. Sie treten besonders häufig unter Legföhrengebüschen auf, deren elastische Äste die Schneelast empordrücken und abwerfen, sobald sie etwas

an ihrem Gewichte verliert; man findet dann am Fuße cylinder-, rad- und sichelförmige Schneegestalten als Reste der abgerollten Schneeteile.

Der Firn.[1]

Aus Schneekristallen entwickeln sich kleine kugelförmige Körperchen, im Kern Kristalle, die durch Schmelzwasser zu einer breiig-sulzigen Masse verbunden sind; bei abnehmender Temperatur gefrierf dieses Wasser und verkittet sie zu Firneis, in dem Firnkörner als Eiskristalle in einer amorphen Masse liegen, die zugleich stark lufthaltig, daher trüber als die Firnkörner ist. Das weitere Wachstum vollzieht sich zum Teil auf Kosten des Kittes, zum Teil durch die Vereinigung mehrerer Kristalle zu einem. Die Firnkörner enthalten zwar nicht selten Luftbläschen, aber viel weniger als der Kitt, der deshalb trüber ist; daher hat man den Eindruck, daß das klare Firneis auf Kosten des trüben wächst. Strahlende Wärme schmilzt rasch diesen Kitt, der weniger durchlässig ist als die klaren Körner, und lockert die Masse auf. Damit könnte wohl auch die Beschleunigung des Wachstums der Körner bei höheren Temperaturen zusammenhängen. Endlich ist die Zwischenmasse zum größten Teil aufgebraucht, und die Körner berühren sich fast überall unmittelbar, außer an den Stellen, wo Luftbläschen dazwischen liegen, und wo von der Oberfläche her in den Randspalten Wasser eindringt, das übrigens auf die Vertreibung der Luft nicht bloß mechanisch wirkt, sondern auch durch seine starke Fähigkeit, bei Temperaturen um den Gefrierpunkt Luft aufzulösen. Damit ist der Zustand geschaffen, der für das Gletschereis im Gegensatze zum Firneis bezeichnend ist.

Diese Vorgänge, die man als Verfirnung des Schnees zusammenfassen kann, ereignen sich überall, wo Schnee liegen bleibt. Durch künstliche Schmelzung von Schnee, die durch Wiedergefrierenlassen unterbrochen wird, und durch Druck kann die Verfirnung in kurzer Zeit herbeigeführt werden. Es ist also nicht richtig, wenn die Beschränkung des Wortes Firn auf den Inhalt der gletscheraussendenden Thäler und Mulden die Vorstellung erweckt, daß ein Unterschied dieses Firnes von dem außerhalb dieser Sammelbecken vorkommenden „Dauerschnee" bestehe. Beides ist in Grunerscher Terminologie „verhärteter Schnee". Das Firnkorn ist ein allgemeinerer Begriff als das Gletscherkorn, das nur eine weitere Wachstumsstufe davon darstellt. Da das Schmelzwasser nach unten sickert, geht natürlich das Wachstum der Firnkörner in den tieferen Teilen eines Firnlagers rascher vor sich als in den höheren. Es ist allgemein bekannt, daß durch Druck der Schnee rasch in Firn und Eis übergeführt werden kann. Die Mächtigkeit der Firnlager in den Firnmulden läßt einen bedeutenden Druck voraussehen, und in großen Höhen, wo die Schmelzung ganz unbedeutend ist, ist jedenfalls der Druck ein starkes Werkzeug der Verfirnung. Wenn am Montblanc in fast 4400 m Meereshöhe Firn in 15 m

[1] Die gebräuchlichsten Ausdrücke für Firn und Gletscher sind ursprünglich von beschränktem Sinn und örtlicher Anwendung. Gletscher, entsprechend dem französischen Glacier, das gleichlautend ins Englische übernommen wurde, und dem italienischen Ghiacciaja, ist nur in der deutschen Schweiz üblich. Ebenso ist Ferner, dem Firn, dem vorjährigen Schnee entsprechend, auf Vorarlberg und Westtirol beschränkt. In den Kärntner Alpen nennt man den Gletscher Kees. Früher war der mehrdeutige Ausdruck Schneeberg üblich, den die Alpenreisenden des 18. Jahrhunderts mit Vorliebe anwendeten; ihm entsprechen die nordischen Ausdrücke Bräer und Jökul. Jökul bedeutet schneebedeckter Berg, Gletscher, zum Teil sogar nur schneebedeckte Fläche. In dem beschränkten Sinne, wie wir jetzt Gletscher und Ferner für den Eisstrom brauchen, der aus einem Firnboden hervortritt, ist von all diesen Worten ursprünglich keines gebraucht worden. Man sieht auch hier, daß, wenn man die scharfen Definitionen haben will, welche die Wissenschaft braucht, man sich nicht an die Benennungen halten darf, die das Volk sich in bequemer Unbestimmtheit prägt.

Tiefe 0,86 spezifisches Gewicht hatte, was dem Gletschereis nahekommt, so darf man voraussetzen, daß in noch größeren Tiefen dichtes Eis liegt, das dem Gletschereis näher steht als dem Firneis. Der Firn wächst in jedem Lager von unten nach oben sozusagen in den Schnee hinein, daher folgen auf Schnee Firn, Firneis, Gletschereis.

Die Firnlagerung. Firnflecken.

Vom Meeresspiegel bis zu den höchsten Gipfeln der Gebirge liegt „ewiger Schnee“, den wir besser Firn nennen, da es in der Natur des Schnees liegt, nach kurzer Zeit in Firn überzugehen. Er nimmt enge Räume ein und liegt nur vereinzelt an geschützten Stellen, wo das Klima ihm ungünstig ist; er breitet sich aus und bedeckt ganze Länder, wo Kälte und Niederschlagsreichtum ihm entgegenkommen.

Der Bau des Bodens, dem der Firn aufliegt, bestimmt überall dort die Lagerung, wo der Firn selbst nicht mächtig genug ist, um alle Unebenheiten zu verdecken. Im Inneren von Grönland ragen nur noch die höchsten Spitzen von hohen Bergen aus dem stellenweise wohl 2000 m mächtigen Inlandeis hervor. Auch aus den Alpen schaut manch silberglänzendes Berghaupt herab, aber mitten in den Firnregionen gibt es noch genug nackte, braune Felswände und -grate. Nach Eduard Richters Messungen sind im Trafoier Gebiete des Ortler oberhalb 2600 m 33,5 Prozent firnfrei; in der Ankogelgruppe fand er noch mehr als ein Drittel der Fläche über 2700 m firnfrei. In den Pyrenäen liegen die einzelnen, durchaus kleinen Gletscher schon weit voneinander entfernt in den hintersten Thalanfängen und in tiefen, felsumrandeten Zirken. Auf den Felsgebirgen Nordamerikas zwischen 35 und 50° nördl. Breite, wo noch ein niederschlagsarmes Klima hinzukommt, bildet der Firn nur einen dünnen, gleichsam verwehten Anflug und entspricht mit einigen Schneestreifen und -flecken nicht unserer Vorstellung von „ewigem Schnee“, der ganze Berge tief verhüllt. Kommen aber in großen Höhen der Alpen einmal ebene Bodenformen vor, da sind sie auch mit einem breiten Firnmantel zugedeckt. Im allgemeinen gibt es nun Hochflächen, breite Kämme und Kahre in den Alpen genug, so daß geschlossene, schwer herabsinkende weiße Mäntel ihre größeren Massive bedecken. Der breit gebaute Mustagh (Zentralasien) trägt auf seinem Rücken Firnflächen, die an Norwegen erinnern, und in seinen engen Thälern Gletscher, die verlängerten Alpengletschern gleichen. Aber im allgemeinen liegen die breiten Firnflächen in den Plateaugebirgen, die abgesonderten Firnmulden in den Kettengebirgen. Gebirge mit schroffen Gegensätzen der Kamm-, Gipfel- und Thalbildung, wie die nördlichen Kalkalpen, begünstigen, auch wo sie nicht tief in die Firnregion hineinragen, die Bildung zahlreicher zerstreuter Firnflecken.

In jedem Gebirge, das die Firngrenze überragt oder auch nur an sie heranreicht, bleibt an geschützten Stellen Schnee liegen, der nach kurzer Zeit in Firn übergeht und dann Firnflecken bildet. An einzelnen Stellen geschieht es unter auffallender orographischer Begünstigung, aus der man sogleich erkennt, daß man einen Ausnahmefall vor sich hat, so z. B. wenn Lawinenreste, die alljährlich mehrmals neue Zufuhr erhalten, das Firngewölbe der Eiskapelle bei Berchtesgaden in 840 m Höhe bilden, oder wenn bei Einödsbach in den Algäuer Alpen Firnbrücken bei 1100 m über Bäche gespannt sind. Die reichliche Zufuhr von Schnee von oben, die geschützte Lage im Schatten von Felswänden unten, die Ausbreitung über einem kühlen Bach oder auf einer Schutthalde, in der das versickernde Wasser Kälte erzeugt, sind hier die wichtigsten begünstigenden Ursachen. Aber sie kommen immer nur einzelnen Ansammlungen zu gute. Auch der Wind, dessen Einfluß auf die Schneelagerung wir kennen gelernt haben,

ist nicht zu vergessen, denn er treibt nach einzelnen Stellen den Schnee zusammen und bildet starke Aufhäufungen, welche die Sonne nicht so früh wie andere wegzuschmelzen vermag.

Wenn wir nun in den Alpen über die Stellen hinaussteigen, wo solche vereinzelte Firnlager im tiefen Schatten liegen, kommen wir zu anderen, wo der Firn fleckenweise in freierer Lage, daher auch häufiger, geselliger und ausgebreiteter vorkommt. An schattigen Hängen liegen die Firnflecken in den Vertiefungen des wellenförmigen Bodens, am Ufer von kühlen Bächen, am Fuße von steilen Wänden und ganz besonders häufig am oberen Ende von Schutthalden, wo der Schutt sich an eine steil emporsteigende Felswand anlehnt. Gesellige Firnflecken

Eine Firnbrücke im Dras-Fluß, Innerasien. Nach „Journal of the Royal Geographical Society", 1900. Vgl. Text, S. 313.

sind so recht die Signatur schutt- und schattenreicher Kahrhintergründe in den Alpen und vielen anderen Gebirgen. Wo Schutthalden sich lang hinziehen, krönt sie eine ganze Kette von Firnflecken, wo Schutthalden stufenweise übereinander liegen, ist die höhere von größeren Firnflecken umsäumt als die tiefere. Daß sie nicht mehr bloß orographisch begünstigt sind, erhellt aus ihrem Auftreten in entsprechenden Höhen benachbarter Kahre. So maß ich in drei nebeneinander liegenden Kahren des Karwendelgebirges gesellige Firnflecken bei 1840, 1795 und 1895 m. An der Nordwand des Wörnerkahres liegt dort in dieser Höhenzone eine Reihe von 10 Firnflecken, die kaum um 100 m schwanken. Höher hinauf rückt dann der Firn ganz aus dem Schatten der Felswände heraus und bedeckt freiliegenden Schutt der Kämme, wo er weithin leuchtende Firnschneiden bidet. Auch *vorübergehende Firnflecken* sind nicht ohne geographisches Interesse, wenn sie an einem Gipfel, wie dem Ätna in 3000 m, die Nähe der Firngrenze ankünden (s. unten, S. 331), oder an der Nordseite eines der Berge unserer Mittelgebirge

in beschatteter Mulde oder Spalte tief in den Sommer hinein wie eine leise Erinnerung an eiszeitliche Vergletscherung liegen, die einst von derselben Stelle ausging. Solche Firnflecken kehren alljährlich an derselben Stelle wieder, und insofern kann man ihnen auch eine gewisse Dauerhaftigkeit zusprechen; es sind periodische, regelmäßige Erscheinungen. So wie die Alpenrosen allsommerlich erblühen, stellen sich diese Firnflecken im Herbst ein und weichen erst den heißesten Sommersonnenstrahlen; Kinder des Winters, dauern sie in den Sommer hinein, wie umgekehrt späte Blüten auch noch im Winter die Alpenmatten durchsticken.

Die dauernden Firnflecken liegen in den Alpen dort, wo die Höhe oder die Form und der Stoff des Bodens ihnen günstig sind. In tiefen Schluchten liegen die Firnbrücken (s. die Abbildung, S. 312), unter deren durch die Wärme des Wassers muschelig abgeschmolzener Wölbung der Bach durchschäumt. Sie kommen noch unterhalb 1000 m vor, daher zeigen sie an ihrer Oberfläche die Spuren starker Schmelzung. In den meisten Fällen sind es Lawinenreste. Wo sich Schutthalden an steile Felswände anlehnen, liegen Firnflecken auf der schattenreichen, durch die Verdunstung des Sickerwassers abgekühlten Grenze zwischen Fels und Schutt. Ihre schräge Lage begünstigt die Bildung von Firnmoränen (s. oben, Bd. I, S. 480) an ihrem Fuße. Sie treten in der Regel gesellig auf. Ich habe sie früher wegen ihres häufigen Vorkommens im Karwendelgebirge als Karwendeltypus bezeichnet, doch ist es einfacher, sie Schutthaldenfirnflecken zu nennen. Als Firnschlangen unterscheide ich die gestreckten und gewundenen, in Bergspalten sich hinaufziehenden, kettenförmig oft auf weite Strecken einander folgenden und immer durch einen kalten Wasserfaden verbundenen Firnflecken, die besonders wichtig für die Nährung der Quellen und für die Zerkleinerung und den Transport des Gebirgsschuttes sind. Endlich füllen Trichterfirnflecken alle die Trichtergruben, Schächte, kleine Dolinen und Spalten hoch gelegener Karrenfelder aus. In den dürren Karstgebieten, wo die Bora den Schnee in die Dolinen hineinfegt, muß Firn die Quellen ersetzen (vgl. unten, S. 341).

Die Mächtigkeit des Firnes auf den hohen Bergen nimmt nach oben zu. Firnflecken sind in der Zeit starker Abschmelzung in der Regel 3—5 m dick; doch kommen auch solche von 10 m Mächtigkeit vor. Ich schätzte am Pik von Orizaba die Dicke der Firnhülle im Dezember vom Fuße bis in die Mitte auf 1—$1^1/_2$, in der Nähe des Gipfels auf 3—4 m, wo neuer Schnee ihre Vertiefungen ausfüllte. Viel dickere Firnlager gibt es in den Alpen; schon De Saussure hat die Mächtigkeit des Firnes auf dem Gipfel des Montblanc zu 60 m geschätzt.

Lawinenschnee verfirnt schon beim Falle, der ihn zusammendrückt und erwärmt, und sinkt dann in der tieferen Lage, in die er gelangt ist, und unter dem selten fehlenden Einfluß beigemischten Sandes und Staubes, der herausschmilzt, rasch zusammen. So entstehen Firnflecken von eisartiger Dichtigkeit, und das rasche Zusammensetzen ruft sogar Spalten hervor. Führen spätere Lawinenfälle am Fuß einer Lawinenrinne immer neuen Firn zu, so entsteht ein dauernder Firnfleck, dem man wohl auch den Rang eines kleinen Gletschers beilegt. Die vielbesuchte Eiskapelle bei Sankt Bartholomä am Königssee ist ein solcher sich immer erneuernder Lawinenrest.

Solange der Schnee noch locker ist, wird seine Oberfläche von den abrollenden Schneeteilchen, Schneeballen, Miniaturlawinen durchfurcht, die von Felsvorsprüngen oder Bäumen ausgehen, von denen der Schnee sich loslöst. Fast ebenso bald beginnt auch die Verdichtung auf die Gestalt seiner Oberfläche zu wirken. Je lockerer der Schnee, desto früher bilden sich flache Einsenkungen, welche die ganze Schneefläche wellig überziehen. Auf einer horizontalen Fläche treten diese flachen Einsenkungen so gleichmäßig auf, daß z. B. die Schneedecke eines Sees, von einem höheren Punkt aus gesehen, wie punktiert aussieht. Auf schiefen Flächen dagegen ordnen sie sich reihenförmig an, und indem die Quererhöhungen zwischen ihnen niedriger

werden, entwickeln sie sich zu seichten Parallelrinnen. Wo Staub darüber geweht wurde oder durch die Massenentwickelung der Sphaerella „Blutschnee" entstand, treten diese Formen stärker hervor, denn in den Vertiefungen ist dann ein tieferer Ton als in den erhöhten Rändern. Je dichter indessen der Schnee im Prozeß der Verfirnung wird, um so mehr gleichen sich diese Unebenheiten aus, und ein Firnfleck zeigt im Sommer nur noch verwischte Unebenheiten. Jene Parallelbildungen werden oft mit der Rippelung verwechselt, die der Wind im frischfallenden Schnee hervorbringt; dieser fehlen aber die Querwellen. Alle Unebenheiten der Firnflecken werden schärfer durch die Reifbildung hervorgehoben, welche die Ecken und Kanten verstärkt. Die Firnflecken haben auch ihre Staublinien und -schichten, denn indem der darauf fallende Staub den Bewegungen folgen muß, welche die Wasserteilchen im Firn machen, verteilt er sich auf der Oberfläche und im Inneren der Firnflecken nach der Regel, daß sich am meisten Staub dort sammelt, wo die Abschmelzung am größten ist. Deswegen sind auf der Oberfläche die flachen Mulden der Sitz der graulichen oder bräunlichen Staubfärbung, und dieselbe Farbe erscheint in den Rändern, wohin das Schmelzwasser sickert. Auf dem muscheligen Bruch des Gewölbes einer Firnbrücke stehen die schneeweißen oder, wenn dichter, weißlichgrünen Vertiefungen in scharfem Gegensatze zu den sie einfassenden Kanten, die der samtartig feine, mit dem Wasser durchgesickerte Staub dunkel bekleidet. Wo der Firn deutlich geschichtet ist, sammelt sich der Staub über den Lamellen von Firneis an, die ihn durchsetzen.

Schnee, Firn und Gletscher.

Wenn man eine Übersichtskarte der Alpen ansieht, auf der die verschiedenen Formen des Wassers der Erdoberfläche alle in dem einen blauen Tone gezeichnet sind, fühlt man sich aufgefordert, die Lage und Gestalt der Flüsse, Seen und Gletscher zu vergleichen. Man erinnert sich an einen Satz von Wahlenberg: So allgemein Wasser unterhalb der Schneegrenze ist, so selten ist es oberhalb derselben. Am Gebirge ist in der That eine Grenze zwischen festem und flüssigem Wasser gezogen. Hoch oben liegt der Firn frei, fast ohne Schmelzerscheinungen, die Gletscher sind weiter unten am tiefsten ins Innere des Gebirges zurückgedrängt; aus ihnen gehen die Flüsse hervor, und dort, wo die Flüsse aus dem Gebirge herauszutreten beginnen, liegen die größeren Seen. Aber immer hängen diese drei Bildungen kettenartig zusammen. Sie sind Erscheinungsformen eines und desselben Flüssigen, der Hydrosphäre, und haben darum auch manche Eigenschaften miteinander gemein. Das Schnee- und Firnfeld ist eine weite Wasserfläche wie der See, aber ruhiger als dieser und an wenigen Stellen rein horizontal. Der Gletscher ist ebenfalls eine weite Expansion festen Wassers, aber in langsamer Bewegung; der Fluß ist durch rasche Bewegung vor ihm ausgezeichnet. In dieser Übereinanderstufung von festem und flüssigem Wasser ist nun der Gletscher das Übergangsgebilde zwischen beiden und zugleich das verbindende Glied. Daher vereinigt er auch in sich die festen und flüssigen Zustände des Wassers in beständigem Übergang aus dem einen zum anderen.

Die Anfänge der Gletscher führen uns in die Höhe zu den Firnfeldern, welche die höchste Stelle unter den Formen des Wassers an der Erdoberfläche einnehmen. In fast allen Gebirgen betreten wir unter den Gipfeln und Kämmen eine Höhenstufe, die mit zahlreichen kleineren, von Bergen umrandeten Hochflächen und Becken ausgestattet ist, aus denen die Thäler hervorgehen. Auf und in ihnen sammelt sich der Schnee in zusammenhängenden Massen und macht den Prozeß der Firnbildung durch, bis er als Eis in die Thalrinnen eintritt. Scharfe, vom Wind oft schneidend zugeschärfte Firnkämme trennen den Firn des einen Abhanges von dem

des anderen, vergleichbar den Wasserscheiden, die flüssigem Wasser verschiedene Wege weisen. Aber die Sonderung tritt weit hinter dem Zusammenhange der einförmigen weißen Decke zurück. Diese Sammelgebiete geben uns wohl in vielen Fällen das Recht, von Firnmulden (s. die untenstehende Abbildung) zu sprechen. Aber jedes Firngebiet eines Gletschers Firnmulde zu nennen, ist nicht zulässig. Viele Gletscher treten nicht aus Mulden hervor, sondern fließen von Flächen herab. Im Karakorumgebirge, wo der nach dem Gilgit herabsteigende, 60 km lange Hispargletscher und der 51 km lange, nach Korofan (3000 m) herabsteigende Biafogletscher aus einem gegen 5400 m hoch liegenden Firn entspringt, der über 300 qkm Oberfläche fast eben ist, spricht Conway ganz treffend von „Schneeseen". Für solche Vorkommnisse ist offenbar

Firnmulde und Firngrat am Morgenhorn, Blümlisalp, Schweiz.
Nach Photographie von J. Beck, Straßburg.

der Ausdruck Firnmulde durch einen passenderen zu ersetzen. Man wird dann von Firnfläche oder Firnboden sprechen. Die Scheiden dieser Firnmulden und -flächen sind nicht so ausgesprochen wie viele Wasserscheiden. Je höher die Firnmasse den Boden überragt, um so unabhängiger ist sie in der Richtung ihrer Bewegung von dessen Gefälle; mit anderen Worten: Der Firn verwischt die Wasserscheide. Daher bietet uns auch die ausgedehnte Vergletscherung der Eiszeit in den Gebirgen so manches Beispiel von Verschiebung der Wasserscheiden durch gewaltige Firn- und Eisauflagerungen. Bei der Erwägung der Ursachen, warum auf der einen Seite eines Gebirges die Gletscher anwachsen, während sie auf der anderen zurückgehen, hat man darauf hingewiesen, daß die ebene und breite Beschaffenheit des gemeinsamen obersten und Grenzgebietes zweier in entgegengesetzter Richtung sich entleerender Firnmulden das Vorschreiten des einen und Rückschreiten des anderen durch ein Überfließen der Firnmassen nach der Seite des zunehmenden Gletschers erklären könnte. Ohne Zweifel wird derartiges vorkommen, und zwar werden dazu besonders die vorwaltenden Winde beitragen.

Die Firnfelder bilden je nach der Gestalt ihres Bodens flache Wölbungen oder seichte Mulden. Den frischen, ganz weißen, pulverigen Schnee, den der Wind in ihre Vertiefungen hineinweht, unterscheidet man leicht von dem mehr bläulichen oder graulichen, wässerigen Weiß der gewölbten Partien. Schmelzwasser ist in diesen Höhen kaum zu sehen, aber die Firnwände sind oft durch Anschmelzung und Wind wie poliert und leuchten spiegelnd weithin. Der Wind und das Zusammensetzen erzeugen flache Furchen, ähnlich wie auf größeren Firnflecken. Außerdem sieht man in den Firnfeldern größere Einsenkungen, die nach unten hin offen, auf drei Seiten von steiler einfallenden Firnhängen umgeben sind; sie sind durch das stärkere Zusammensetzen des Firnes nach den unteren Partien zu hervorgerufen.

Spalten sind in den Firnfeldern überall da zu sehen, wo die Firndecke dünn und der Boden ungleich ist. Deutlich zeigt ihre konzentrische Anordnung um die Ränder einer Mulde und an deren Hängen auf ihre Entstehung durch ungleichmäßige Bewegungen im Firne selbst hin. Wo sie zwischen dem Rande des Firnfeldes und dessen Rückwand auftreten, bewirkt die rückstrahlende Wärme der Felsen, daß sie sich erweitern, wodurch dann der oft unüberschreitbare **Firnschrund** entsteht. Es treten auch in der Übergangszone zwischen Firn und Eis bei stärkerem Fall des Bodens Querspalten auf; auf sie wirkt offenbar auch der Zug des im Vergleich zum Firn schweren Eises ein.

Je größer das Firngebiet, desto größer der Gletscher. Diese Regel gilt im ganzen und großen, ist aber nicht ohne Ausnahmen; gerade in dem Unterschiede der Verhältnisse der beiden liegt der Unterschied einiger Gletschertypen (s. unten, S. 357). In Gebirgen mit großen Hochflächen, die nicht weit über die Firngrenze hinausragen, gibt es ausgedehnte Firngebiete mit kleinen Gletschern. In sehr vielen Fällen nimmt zwar von der gesamten Firn- und Eisfläche der Gletscher ein Viertel in Anspruch; aber genaue Messungen ergaben mancherlei andere Verhältnisse. Geht man von dem in der Form des Gletschers selbst gegebenen Unterschiede von Zunge und Firnfeld aus, so kommen Verhältnisse von 1:8,5 und 7,4 beim Obersulzbachferner und beim Gornergletscher, von 1:2,8 beim Gepatschferner, von 1:2,6 beim Mer de Glace vor. Aber das ist nur ein äußerliches, ein Formverhältnis. Wenn nun auch nicht in der Form manches Gletschers die Unmöglichkeit läge, Gletscherzunge und Firn scharf auseinanderzuhalten, so würde doch für eine tiefere Auffassung der Natur der Gletscher der Unterschied zwischen **Sammel- und Abschmelzungsgebiet** unter allen Umständen den Vorzug verdienen. Diese verhalten sich aber bei den Alpengletschern so, daß für Thalgletscher das Verhältnis 1 : 3, für Plateaugletscher und viele Gehängegletscher 1:8 durchschnittlich zutrifft. **Firn und Gletscher hängen eng zusammen.**

Scharfe Grenzen zwischen Sammel- und Abschmelzungsgebiet des Gletschers finden zu wollen, ist daher ohne wissenschaftlichen Wert; es ist eine Abstraktion des Studierzimmers, um so mehr, als ja für alle Niederschläge, besonders auch für den Reif, der ganze Gletscher Sammelgebiet ist. Je weiter der Sommer fortschreitet, desto weiter drängt er den Firn auf dem Gletscher aufwärts, desto mehr „apert" der Gletscher aus. Aber dieses graue Eis und jenen weiten Firn grenzt keine scharfe Linie ab; in Spalten und Höhlungen des Gletschers bleibt der Firn weit unten liegen, während hoch oben Eishügel und -wälle des Gletschers hervortreten; eine breite Übergangszone von Eis- und Firnflächen liegt zwischen dem Gletscher und seinem Firn. In der Firnmulde kann man nicht sagen: hier ist der Gletscher und hier der Firn. In der Tiefe jeder Firnmulde muß Eis vorausgesetzt werden. Indem die ganze Masse, Eis unten, Firn oben, sich nach unten erstreckt, bleibt der schmelzbare Firn in den höheren Regionen, während

das härtere Eis tiefer herabreicht. Hochgelegene Gletscher treten aber in kalten Sommern gar nicht unter ihrer Firnhülle hervor, d. h. sie apern nicht aus.

Stofflich steht das Gletschereis zwischen dem feinkörnigen Firn und dem in Wasser kristallisierten Fluß- und Seeeis; als ausgesprochen zähflüssige Masse weicht es von beiden dynamisch ab; und geographisch ist es gesondert, weil seine natürliche Stelle unterhalb des Firnes ist. So ist der Gletscher ein durch Bewegungskräfte, die dem ruhenden Firn innerhalb seiner Grenze nicht eigen sind, hinausgeschobener Ausläufer, von dem man insofern auch sagen kann, der Gletscher entspringe in dem Firn. Von dem Firn sagt man nun gewöhnlich, er entstehe durch Druck und Schmelzung aus dem Hochgebirgsschnee. Er ist indessen mehr als das, nämlich die gesammelte Masse aller Niederschläge, die über dieser Firnmulde oder -fläche gefallen sind. Schneeflocken und Staubschnee, Graupeln und Hagelkörner, Nebeltröpfchen und Regentropfen, Rauchfrost und Tau, und nicht zuletzt Lawinen, alles geht endlich in Firn über und mit dem Firn in den Gletscher. Und so sind denn beide zusammen als ein großes Becken voll festen Wassers aufzufassen, dessen scheinbar starrer, in Wirklichkeit aber flüssiger Inhalt sich langsam dem unteren Ende zu bewegt, etwa wie das Rheinwasser im Bodensee, und dabei immer neue Zufuhren empfängt. Der Gletscher *entspringt* jedenfalls nicht in der Firnmulde, wie ein Bach in einem Hochmoor; er kann ohne jede Firnmulde entstehen: die „regenerierten" Gletscher bilden sich dort, wo ein Gletscher auf einer Felsstufe abbricht, um auf der nächsten wieder zusammenzuwachsen; ihnen ähnlich sind die kleinen Gletscher, die am Fuße hoher Felswände aus dem herabstürzenden Schnee zusammen mit den direkt auf diesem Boden auffallenden Niederschlägen als „Lawinengletscher" entstehen. Es ist deshalb auch nicht notwendig, daß ein Berg, der Gletscher trägt, über die Firngrenze hinausragt.

Es ist also wesentlich ein und dieselbe Wassermasse, die im Firn und Gletscher lange Jahresreihen den gleichen Einflüssen ausgesetzt ist. Heben wir aus diesen Einflüssen die Niederschläge heraus, so bedeuten sie ein Wachsen der Dicke des Gletschers in einem Jahre um 1½—3 m. Aber nicht bloß so viel: der Gletscher würde in viel größerem Maße zurückgehen, wenn er sich nicht des Schutzes der Decke von festen Niederschlägen erfreute, die ihn den größeren Teil des Jahres verhüllt; solange diese Hülle nicht abgeschmolzen ist, können die Sonnenstrahlen das Gletschereis nicht angreifen. Die Schneedecke bildet sich nun in mittlerer Gletscherhöhe der Alpen schon Ende September oder im Oktober und wächst mit Unterbrechungen bis in den Juni fort, wo denn das Ergebnis einer neunmonatigen Anhäufung von festen und nassen Niederschlägen, von unten an beginnend, sich in Wasser verwandelt. Bei dem Prozeß des „Ausaperns" ist aber der Gletscher wiederum nicht wie ein Felsblock zu betrachten, von welchem die winterliche Firnkruste rein wegschmilzt, sondern der untere Teil dieser Kruste ist in Eis übergegangen, welches fest mit dem Gletschereis verbunden bleibt, und was abschmilzt, sickert zu einem guten Teil in den Gletscher ein, der auch hier der aufsaugende Schwamm ist. Endlich schlägt in kühler Nacht immer ein Teil des zur Verdunstung gelangten Wassers sich als reifartige Eiskruste wieder nieder, und diese oft nicht unbeträchtliche, als Glatteis vom Gletscherwanderer gefürchtete Eisbildung wiederholt sich, begünstigt durch die Abkühlung, die der Gletscher in seinem Becken verbreitet, bei klarem Wetter allnächtlich. Man begreift, daß selbst den zum Teil schon tiefer blickenden Beobachtern des 18. Jahrhunderts die vergletscherten Gebirge noch als „Eisgebirge" erschienen, in deren kalter Decke sie noch nicht den weißen Firn von den grauen Gletschern unterschieden; waren doch beide durch die blauen Spalten in „Eisklippen" zerklüftet, deren Schroffheit zunächst von jeder eindringenden Erforschung abschreckte.

C. Die Firngrenze.

Inhalt: Firngrenze und Firnfleckenzone. — Die orographische und klimatische Firngrenze. — Orographische Einflüsse auf die Firngrenze. — Klimatische Einflüsse auf die Lage der Firngrenze. — Die mittelbare Bestimmung der Firngrenze. — Die Firngrenze als Ausdruck von Bewegungen. — Die Firngrenze in der Arktis und Antarktis. — Die Firngrenze in den Hochgebirgen Europas. — Die Firngrenze in den Gebirgen Asiens. — Die Firngrenze in Amerika. — Die Firngrenze in Afrika, Neuseeland und Australien.

Firngrenze[1] und Firnfleckenzone.

Gewöhnlich bezeichnet man als Schneegrenze die Linie, oberhalb deren mehr Schnee fällt als wegtaut. Wenn Alexander von Humboldt in „Zentralasien" sagt: „Die untere Schneegrenze bezeichnet die Kurve, die die größten Höhen verbindet, in denen der Schnee sich das Jahr über erhält", oder wenn Albert Heim in der „Gletscherkunde" 1884 sagt: „Die Schneegrenze ist die untere Grenze der dauernden Schneebedeckung in den Gebirgen", so sind das nur Umschreibungen. Wer die Firngrenze vor Augen hat oder selbst durchwandert, dem werden alle diese Erklärungen bald als viel zu eng erscheinen. Denn er wird zuerst einzelne Firnflecken sehen, die an schattigen Stellen, in Schluchten, am oberen Rand hoher Schutthalden liegen, und ein paar hundert Meter höher wird er ausgedehnte Firnfelder beschreiten, die frei in der Sonne hingebreitet sind. Die einen sind wie die Ausläufer der anderen, aber im Grund sind hier offenbar zwei Firngrenzen, eine obere und eine untere, und es geht nicht an, daß man eine davon übersieht und überhaupt nur von einer Firngrenze spricht.

Den Ausdruck Schneegrenze möchten wir auf die Linie des frischgefallenen Schnees beschränken, die in der That eine der reinsten klimatischen Höhengrenzen ist, die man sich denken kann. Sie ist die einzige, die den Namen Schneegrenze eigentlich verdient. Auch der frischgefallene Schnee geht allmählich in die schneefreien Flächen über, wo statt seiner Regen fiel, und eine nur bestäubt erscheinende Zone bezeichnet diesen Übergang. Insoweit aber der bei Schneefall in den Höhen selten fehlende Wind den Schnee in die Bodenfurchen wehte, ist allerdings selbst schon dieser Saum von Anfang an etwas ungleich, so daß bei dem in der Regel rasch erfolgenden Abschmelzen weiße Fäden dichter liegenden Schnees verloren nach unten laufen und nach einem einzigen warmen Tag bereits in lockere, rosenkranzartige Reihen vereinzelter Schneereste aufgelöst erscheinen.

Der Hauptfehler der landläufigen Erklärungen der Firngrenze liegt eben in dem Mangel einer genaueren Bestimmung über jene vereinzelten Firnflecken, die unterhalb der ausgedehnteren Firnfelder oder in Gebirgen, wo letztere sich nicht finden, ohne sie vorkommen. Eng hängt er zusammen mit der geschichtlichen Entwickelung der Lehre von der Firngrenze. Weil man sie nämlich immer nur als den Ausdruck der Wärmeabnahme mit der Polhöhe und der vertikalen Erhebung auffaßte, wurden natürlich die im Gebirgsbau selbst liegenden Bedingungen vernachlässigt. Solange man die Firngrenze als eine rein klimatische Erscheinung auffaßt, kann man sich mit einer schematischen Darstellung begnügen. Es fallen dann die örtlichen Abweichungen aus. Da das Eis bei 0° schmilzt, erwartet man von vornherein eine nahe Beziehung zwischen der Isotherme von 0° und der Firngrenze. Diese besteht nicht. Nach Hann liegt die Isotherme von 0° in den Nordalpen in etwa 47° nördl. Breite im Juli bei 3500 m, die Firngrenze aber um volle 1000 m tiefer bei 2500 m; in dem Südalpen liegt die Isotherme von 0° im Juli bei 46° nördl. Breite nahezu 3600 m hoch, die Firngrenze liegt dann an der

---

[1] Es scheint passender zu sein, Firngrenze zu sagen statt Schneegrenze, weil es sich um die Begrenzung von Firn handelt, der meist schon nach wenigen Tagen, oft sogar nach wenigen Stunden, aus dem Schnee hervorgeht; wir haben gesehen, wie rasch die Verfirnung fortschreitet.

Südseite des Ortler bei 3090 m. Die Isotherme von 0° erreicht in den Nordalpen ihren tiefsten Stand von 80 m im Januar, während sie in den Südalpen im Januar bei 550 m liegt. Von diesen tiefsten Ständen zieht sie langsam aufwärts bis zum Höchststand im Juli und August; die Firngrenze folgt ihr langsam und bleibt zuletzt tief unter ihr, anzeigend, daß Massen ungeschmolzenen Firnes unterhalb der 0°-Isotherme liegen bleiben. Man kann sagen, die Firngrenze folgt langsam den Schwankungen der 0°-Isotherme, ohne jemals mit ihr zusammenzufallen. Es gibt also keine Möglichkeit, die Firngrenze rein klimatisch zu konstruieren: man kann sie nur beobachten, und zwar an möglichst vielen Stellen.

Die orographische und die klimatische Firngrenze.

Wenn man die Punkte miteinander verbindet, wo man, im Gebirge ansteigend, die Firngrenze zuerst findet, erhält man eine Linie, welche die unteren Ränder der im Schutze von Lage, Bodengestalt und Gesteinsart vorkommenden und dauernden Firnflecke und Firnfelder umgrenzt. Dies ist die orographische Firngrenze. Die zufällig weit außen und unten liegenden Reste von Lawinenstürzen könnten außerhalb dieser Linie gelassen werden; nur soweit sie dauernd oder regelmäßig sich wiederholende Erscheinungen sind, wären sie zu nennen und als vorgeschobene Punkte jenseit der Grenzlinie einzutragen. In Gebirgen, wo sie z. B. als Firnbrücken in beschatteten tiefen Thälern so häufig sind, wie im Trettachgebiet der Algäuer Alpen, würde eine äußerste, gleichsam eine zweite tiefere orographische Firngrenze darstellende Linie sie verbinden. Von derartigen vereinzelten Vorkommnissen abgesehen, wird diese untere oder orographische Firngrenze immer den Vorzug haben, daß man nicht zweifelhaft sein kann, wo sie zu bestimmen sei. Sobald man darüber hinausgeht, ist der Willkür ein gewisser Raum gewährt. Je tiefer die Firnflecken herabreichen, desto stärker muß die orographische Begünstigung wirksam sein, desto schroffer und abwechselungsreicher der Bau des Gebirges. Dieses Herabreichen ist also bezeichnend für das im Gebirgsbau gegebene Maß orographischen Schutzes. Eine zweite, die klimatische Firngrenze, kündigt sich dem nach den höheren Gebirgsteilen Vordringenden durch Zunahme der Zahl und Größe der Firnflecken an. Man gewinnt den Eindruck, daß die orographische Begünstigung in immer größerem Maße ausgenutzt wird, bis endlich die Firnmassen so groß werden, daß sie derselben überhaupt entraten können. Wo dies erreicht ist, setzt die klimatische Firngrenze ein, die dergestalt durch allmähliche Entwickelung aus der orographischen gleichsam herauswächst; alle ähnlichen Punkte bestimmend und womöglich um den Berg herum verfolgend, führt man von hier aus die Linie zum Abschluß. In der Wahl dieser Punkte wird man aber an die alte Wahlenbergsche Vorschrift sich zu halten haben: Der untere Rand wenig geneigter, freiliegender ebener Flächen, die großenteils firnbedeckt sind, bezeichnet die klimatische Firngrenze; oder, wie er an anderer Stelle sagt: wo der Schnee in freien, flachen, der Sonne ausgesetzten Lagen nicht mehr schmilzt.

Da die Unterscheidung der orographischen und klimatischen Firngrenze von manchen mir zugeschrieben wird, möchte ich ausdrücklich hervorheben, daß sie guten Beobachtern sich schon früher aufgedrängt hatte. Ich habe die Notwendigkeit dieser Sonderung allerdings in der Natur zuerst einsehen lernen, besonders in den Nordalpen und in der diesen vielfach ähnlichen Dent du Midi-Gruppe, fand aber dann in der Litteratur bei keinem Geringeren als Wahlenberg eine treffliche Sonderung beider Grenzen. Er ist es, der zuerst von einer „wahren“ Schneegrenze gesprochen hat, jenseits deren „nur einige dunkle Erdflecke entblößt sind“; wenn er dieselbe auf den Fjällen von Quickjock zu 4100 Fuß bestimmt, läßt er die Grenze des Gürtels der Schneefjällen, „welche niemals wegschmelzende Schneeflecken auf freiem Felde haben“, 800 Fuß tiefer ziehen. Vielleicht durch Wahlenberg angeregt, hat Hegetschweiler

diese Firnflecken durch eine Linie verbunden, die er „die Linie des geschützten Schnees" nannte. Als einen neueren Beobachter, dem sich, durch Theorien unbeeinflußt, in der Natur die Notwendigkeit dieser Sonderung nahelegte, nenne ich Theodor Wolf, der an den Vulkanen von Ecuador ausdrücklich von der Linea de nieve perpetua die Linea de Heleras, d. i. Firnfleckengrenze, unterscheidet; am Antisana liegen die beiden bei 4700 und 4215 m. Für mich darf ich nur das kleine Verdienst in Anspruch nehmen, die beiden Grenzen, wie sie in der Natur vorkommen, zu einer Zeit scharf auseinander gehalten zu haben, wo es üblich war, sie zusammenzuwerfen, und die übliche Willkür in der Bestimmung einer ganz allgemeinen Firngrenze aufgezeigt, endlich beide Grenzen als Ausdruck verschiedener Stadien in der Bewegung des Firnmantels eines Gebirges nachgewiesen zu haben. In diesem Sinne haben seitdem meine Schüler Fritzsch, Hupfer und Reißhauer von den Firn- und anderen Höhengrenzen des Ortler, Ätna, des Adamello und der Stubaiergruppe auf zahlreiche Beobachtungen begründete Darstellungen gegeben, wie sie noch für kein anderes Gebirgsgebiet vorliegen.

Orographische Einflüsse auf die Firngrenze.

Die Betrachtung des Verschwindens und Verweilens des frischen Schnees an einem Berge läßt sehr bald den Einfluß der Bodenformen erkennen. An steilen Wänden haftet er kaum, auf flachen verbleibt er unbewegt, bis ihn die Sonne aufgezehrt hat, in Vertiefungen bleibt er liegen, von Aufwölbungen verschwindet er früher. Eine Unterlage, die den Schnee zerstreut, z. B. ein nach allen Seiten gleichmäßig steil abfallender Kegel, rückt die Firngrenze hinauf, eine Unterlage, die den Schnee konzentriert, z. B. eine Trichterschlucht, läßt sie hinabsteigen. Dazu gehört auch die Ansammlung von Schnee am Fuße von Felswänden. Ja, man kann im allgemeinen sagen, daß die Höhe der über eine Höhenlinie hinausreichenden Berge durch die Masse des abstürzenden Schnees und, je nach der Lage, auch durch den Schattenwurf eine tiefe Lage der Firngrenze bedingt. Steile Formen, die den Schnee leicht in die Tiefe gelangen lassen, wirken in demselben Sinne. Liegen Oberflächenformen, die der Schneeansammlung günstig sind, so tief, daß ihr Schnee bald wieder wegschmilzt, so können sie natürlich die Lage der Firngrenze nicht beeinflussen, weil sich die Firnansammlungen nicht auf ihnen halten können; daß der 5360 m hohe Mawensi des Kilimandscharo keine dauernden Firnlager besitzt, ist außer seiner geringeren Höhe dem massigen Bau seiner höheren Abschnitte zuzuschreiben, seine Becken und Schluchten liegen zu tief. Je gleichmäßiger die Bodengestalt, um so geringer der Betrag dieser Vorschiebungen oder Ausläufer, oder, was dasselbe ist, der Abstand zwischen den doppelten Höhenlinien. Schon in den Zentralalpen erfährt dieser Abstand bei runderen, massigeren Bergformen und minderer Schroffheit der Thaleinschnitte eine beträchtliche Verminderung. Ein einfacher firstförmiger Hauptkamm behält weniger Firn und nährt weniger Gletscher als ein zerteilter, dessen Hervorragungen hochgelegene Kessel umfassen; die Grenze von Firnfeldern mit schwacher Felsumrahmung, die hoch und frei liegen, steigt daher höher, während die von Firnfeldern in beschatteten Mulden sinkt. Ebendeshalb bleibt auch der landschaftliche Eindruck hier hinter demjenigen der Kalkalpen zurück; man sieht z. B. am Mont de Ritze im Val d'Hérens die ersten Firnflecken bei etwa 2600, und schon bei 2700 m ist aus ihnen ein Firnfeld von bedeutender Ausdehnung geworden, dem entgegen von dem wenig höheren Kamme ein breiteres Firnfeld zieht, dem zur Gletscherbildung nur die Zufuhr aus größeren Sammelbecken fehlt. Den gleichmäßigsten Verlauf dieser Bewegungen klimatischer Erscheinungen und Wirkungen bieten regelmäßiger Kegelform sich nähernde Vulkanberge der Tropen; am Cotopaxi z. B. bildet der untere Rand der Firndecke eine leicht gebuchtete Linie in fast gleicher Höhe.

Die Messungen von Webb und Genossen im Himalaya gaben seit 1817 die Mittel an die Hand, um die orographische Abhängigkeit der Firngrenze schlagend zu beweisen. Daß sie über dem trockenen

Hochebenenfuß des Himalaya um volle 1300 m höher liegt als an dem südlichen steilen Gebirgsabhang, zeigt, daß hier ganz andere Einflüsse wirksam sind als die rein klimatischen der Zone; A. von Humboldt erkannte sofort den Gegensatz der großen, hochgelegenen, sommerheißen und trockenen Hochebenen im Norden zu dem tiefen, feuchtwarmen Tropentiefland im Süden. Übrigens hatte ihm schon die Firngrenze am Kasbeck, die 1815 von Engelhardt und Parrot gemessen wurde, gezeigt, „daß auch in der Richtung der geographischen Länge bemerkenswerte Änderungen im Verlaufe der Höhengrenzen möglich sind". Als nun auch Pentland in den Anden von Peru und Bolivien 1827 feststellte, daß die Firngrenze vom Äquator südwärts, statt zu sinken, um volle 390 m steigt, so daß sie in den Kordilleren von Hochperu zwischen 14½ und 16½° über 5000 m hoch liegt, erkannte A. von Humboldt, daß man „die Ursachen, welche die Schneegrenze modifizieren, noch gründlicher erfassen müsse", und stellte dann im „Kosmos" die Firngrenze auf eine so breite Grundlage, wie viele seiner Nachfolger es nicht gethan. Er nennt „die untere Schneegrenze ein sehr zusammengesetztes, im allgemeinen von Verhältnissen der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Berggestaltung abhängiges Phänomen"; und er zählt mit höchst lehrreicher Vollständigkeit als beobachtete Ursachen auf: die Temperaturdifferenz der verschiedenen Jahreszeiten, die Richtung der herrschenden Winde und ihre Berührung mit Meer und Land; den Grad der Trockenheit oder Feuchtigkeit der oberen Luftschichten; die absolute Größe (Dicke) der gefallenen und aufgehäuften Schneemassen; das Verhältnis der Schneegrenze zur Gesamthöhe des Berges; die relative Stellung des letzteren in der Bergkette; die Schroffheit der Abhänge; die Nähe anderer ebenfalls perpetuierlich mit Schnee bedeckten Gipfel; die Ausdehnung, Lage und Höhe der Ebene, aus der der Schneeberg isoliert oder als Teil einer Gruppe (Kette) aufsteigt, und die eine Seeküste oder der innere Teil eines Kontinentes, bewaldet oder eine Grasflur, sandig und dürre und mit nackten Felsplatten bedeckt, oder ein feuchter Moorboden sein kann."

Hier sind nun alle Einflüsse genannt, die aus der ursprünglich rein klimatischen Erscheinung der Schneegrenze mit der Zeit die klimatisch-orographische Firngrenze herausbilden. Übrigens hatte Wahlenberg schon erheblich früher die um 300 m höhere Lage der Firn- und Baumgrenze auf der Ostseite der Nordlandsfjälle im Gegensatz zur norwegischen Westseite dem Niederschlagsreichtum dieser ozeanischen Seite zugeschrieben.

Darüber, daß wir der Kürze halber von der Firngrenze wie von einer Linie sprechen, soll nicht übersehen werden, daß so wenig wie irgend welche andere Grenzen die Firngrenzen einfach als Linien aufzufassen sind. Nur der ganze Saum zwischen der unteren und oberen, der orographischen und klimatischen Firngrenze, ein Grenzsaum oder Grenzgebiet, kann als Firngrenze aufgefaßt werden. Es ist jene Firnfleckenlandschaft (s. oben, S. 313, und die Abbildung, S. 322), wo man in allen Vertiefungen eines wenig geneigten oder flachen Plateaus die Firnflecken liegen sieht, nicht nur in tiefen Gruben und Schächten, sondern auch in den flachsten Senkungen, so daß von oben gesehen diese Firnfleckenlandschaft einen um so regelmäßiger gefleckten Charakter erhält, je welliger ihr Boden ist.

Die vielleicht verbreitetste aller orographischen Wirkungen auf die Firngrenze, die der Massenerhebung, tritt äußerlich viel weniger hervor als alle, die wir bisher genannt haben, und ist auch am spätesten erkannt worden. In der Hinaufdrängung der Firngrenze auf der Hochlandseite des Himalaya, der Anden und Norwegens wird sie durch den Einfluß der Niederschlagsabnahme verdeckt. Dagegen tritt sie in Gebirgen von wesentlich ähnlichen Klimaverhältnissen deutlich hervor als ein Hinaufrücken der klimatischen Firngrenze, wie anderer klimatischer Höhengrenzen, nach dem Inneren des Gebirges zu. Jede isolierte Erhebung am Rande eines Gebirges zeigt die klimatischen Höhengrenzen im Absteigen: wo die Gebirgshöhen sich nach außen allmählich senken, sinken mit ihnen diese Grenzen bis zu einem gewissen Punkte. Sewerzow hat 1867 diesen Einfluß der Massenerhebungen des Bodens im Tiënschan genau beobachtet. An der Südabdachung des Sary-Tur schätzte er die Firngrenze zu 4300 m, aber in gerader Entfernung

vom Terskei-Alai fand er sie um 300 m erhöht. Am Barskoun liegt der schneelose Paß 170 bis 230 m unter der Firngrenze am nördlichen Abhang; nur „vereiste Streifen ewigen Schnees" reichten über 300 m weiter hinab. Zum Teil führt diese Ungleichheit auf die Sonnenstrahlen zurück, die auf den freien Hochflächen das Tauen des Schnees beschleunigen mögen, auch fällt hier weniger Schnee, und die Flocken werden verweht; „der Schnee bleibt nur da liegen, wo die Wolke auf einen Gebirgsrücken trifft und dabei von dessen Schluchten

Der Uspallata-Paß in Chile, eine Firnfleckenlandschaft. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 321.

aufgefangen wird." Aber die große Ursache ist die nach dem Inneren des Gebirges zunehmende Massenerhebung, deren Einfluß auf die Wärmeverteilung die Klimatologie nachweist. Vgl. unten den Abschnitt über „die Wärmeabnahme mit der Höhe". Daß es nicht überall leicht gelingen wird, ihren Einfluß aus anderen orographischen und klimatischen Einflüssen herauszuschälen, besonders aus denen der Niederschlagsverteilung und der Lage, liegt auf der Hand. Auch den Einfluß der Winde darf man nicht vernachlässigen. Der Vergleich der Höhen, in denen in unseren Mittelgebirgen wenig über 1000 m hohe Firnflecken bis in den September liegen bleiben (s. unten, S. 326), mit entsprechenden Höhen der Alpen, die noch tief unter den untersten Firnflecken liegen, scheint auch den die Gipfel umwehenden Winden eine Rolle in der Erhaltung dieser Firnreste zuzuteilen.

Klimatische Einflüsse auf die Lage der Firngrenze.

Welchen Einfluß unter sonst gleichen Verhältnissen die Lage zur Sonne auf die Höhe der Firngrenze ausübt, erkennt man am deutlichsten am frischgefallenen Schnee, der, wenn er gleichmäßig auf alle Seiten eines Berges verteilt war, zuerst auf der südlichen, südwestlichen, südöstlichen, zuletzt auf der rein nördlichen Seite verschwindet. Die Bauernhöfe, die in unseren Gebirgen auf den nach Süden offenen Lagen oft noch in 1000 m Höhe erbaut sind, nützen längst den Vorteil des frühen Rückzugs des Schnees von diesen Südlagen aus. Der 989 m hoch liegende Hof Hochkreuth im oberen Mangfallthal (Oberbayern) hat nur 55 Tage ununterbrochene Schneebedeckung gegen 92 Tage in dem gerade darunter in 802 m gelegenen Dörfchen Bayrisch-Zell. Aus Beobachtungen im Winter 1887/88 hat Berthold in Schneeberg im Erzgebirge eine Tafel der Dauer der Schneedecke konstruiert, deren Hauptergebnisse diese sind: 97 Tage Schneedecke gegen Süden, 103 gegen Westen, 105 gegen Osten, 108 gegen Norden. In der Firngrenze kann man einen so reinen Ausdruck der Sonnenlage nicht erwarten, da die Niederschlags- und Bodenverhältnisse nicht an allen Seiten eines Berges und noch weniger eines Gebirges dieselben sein können; so lassen an den Südabhängen der Tauern und der Berner Alpen reiche Niederschläge die Firngrenze tiefer herabsteigen. Aber sorgfältige Messungen der Firngrenzhöhen zeigen den Einfluß der Sonne doch klar genug.

Nach den Messungen von Magnus Fritzsch, den sorgfältigsten und umfassendsten, die bisher für einen Gebirgsabschnitt angestellt worden sind, liegen die beiden Firngrenzen am Ortler folgendermaßen:

	NW.	W.	SW.	S.	SO.	O.	NO.	N.	Mittel.
Klimatische Firngrenze	2900	3000	3070	3090	2980	2970	2855	2855	2965
Orographische Firngrenze	2535	2630	2745	2755	2725	2630	2570	2535	2630

Man sieht, wie beide auf der Südseite am weitesten nach oben geschoben sind, auf der Nordseite am tiefsten unten liegen, und wie ihre Unterschiede um 300 m schwanken. Offenbar hängen diese Schwankungen vom Bau des Gebirges ab; sie sind am kleinsten auf der Südost-, am größten auf der Westseite. Nicht in die Firngrenzen einzurechnen sind vereinzelte Firnlager, die auf der Nordwestseite in der hohen Eisrinne gelegentlich bis 1700 m herabreichen. Als Ausdruck einer besonders starken orographischen Begünstigung erscheinen Firnflecken um 2200 m am Fuß steiler Wände, in tiefen Schluchten oder, von Eisstürzen herrührend, am Rand von Gletschern. Auf der Nordseite der Finsteraarhorn-Alpen steigt nach den von Kurowski auf der Karte vorgenommenen Schätzungen (s. unten, S. 325) die Firngrenze bis 2750 m, auf der Nordostseite bis 2670 m, auf der Nordwestseite bis 2630 m; auf der Südseite erreicht sie die tiefste Lage bei 2930 m, auf der Südwestseite bei 2710 m, auf der Südostseite bei 2980 m, auf der Ostseite bei 2650, auf der Westseite bei 2950 m.

Die Begünstigung der Sonnenseite gegenüber der Schattenseite ist in den gemäßigten Zonen allgemein. Doch ist die Lage zur Sonne am wichtigsten in der gemäßigten Zone, denn in den Tropen verringert der Hochstand der Sonne die Unterschiede, wie in den Polargebieten die allseitige Bestrahlung durch die über dem Horizont verbleibende Sonne. Auch ist im einzelnen Falle nicht die Lage auf dem Nord- oder Südkamm, sondern die Lage der bestimmten Stelle zur Sonne für die Firngrenze wichtig. Die Tatra hat auf der Südseite des Hauptkammes viel mehr Firnflecken als auf der Nordseite, weil die südlichen Ausläufer des Hauptkammes höher sind als die nördlichen.

Die **Verteilung der Niederschläge** durchkreuzt an vielen Stellen den Einfluß der Wärme. Gerade darin liegt die Ursache der größten Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Firngrenze. Der Firnreichtum der Westseite Skandinaviens gegenüber der Ostseite (vgl. S. 321 und 330) ist dafür ebenso lehrreich wie das tiefere Herabsteigen der Gletscher am südlichen Kilimandscharo.

Unter den 16 Firngipfeln von Ecuador hat der Chimborasso die höchste Firngrenze, zwischen 4800 m und 5000 m; er liegt in einem trockenen Klima. Wo ein Firngipfel auf der einen Seite nach dem trockenen, interandinen Thal schaut und auf der anderen nach dem feuchteren Außenabfall, liegt dort die Grenze höher als hier; beim Cotopaxi ist der Unterschied 4500 m (Osten) und 4700 m (Westen). Der Südseite des Kilimandscharo bringt der Südmonsun, der in der großen Regenzeit weht, Feuchtigkeit, wogegen der trockene Nordostmonsun von Dezember bis März weht; daher empfängt die Südseite die großen Schneefälle, die dann bis etwa 3800 m herabreichen. Bei reichen Niederschlägen sind die Tessiner Alpen trotz geringer Höhe der Kämme stark verschneit; Basodin, Fiorina, Cristallina, Campo Tencca, obwohl nur 3000 m hoch, zeigen bedeutende Hochfirne. Im Wallis und Engadin muß man um 500 m höher gehen, um analoge Schneeanhäufungen zu finden.

Auch die Höhenverteilung der Niederschläge ist von wesentlichem Einfluß auf die Firnlagerung. Die Summe der Niederschläge wächst in unserem Klima bis zu einer gewissen Höhe, und noch rascher wächst das Verhältnis der festen zu den flüssigen. Regen ist in den Alpen jenseits von 3000 m eine Seltenheit, und wenn er fällt, gefriert er sehr bald. Am Sonnblick (3105 m) sind 1891/95: 94 Prozent der Niederschläge in fester Form gefallen, aber auch der 1150 m niedrigere Radhausberg zeigt 49 Prozent feste Niederschläge. Da die Wolken sich im Winter in geringeren Höhen bilden als im Sommer, hängen die Winterniederschläge mehr von den Bodenformen ab als die Sommerniederschläge, was sich bei der Bildung der Schneedecken geltend macht. Im Tiënschan gibt es deshalb eine ganze Reihe von Hochthälern, in denen die Kirgisen mit ihren Herden überwintern, oberhalb des Schneefallgürtels. Wie die Windrichtungen, die bei den Schneestürmen vorwalten, die Lage der Firnflecken mit bestimmen, haben wir gesehen (s. oben, S. 304). Auch in den Alpen kommen Fälle vor, wo die Firnlager größer auf der Ost- als auf der Westseite sind, wo man also annehmen kann, daß der von Westen hergetragene Schnee auf die Ostseite geworfen wurde. So wie in einzelnen Jahren Niederschlagsreichtum und Kälte das Verweilen des Firnes begünstigen, finden wir auch örtlich die größten Firnmassen und die verhältnismäßig tiefsten Firngrenzen in niederschlagsreichen und sommerkühlen Klimaten. Den Wirkungen dieses Zusammentreffens sind wir schon einmal bei den Fjordbildungen begegnet. Wir werden sie in den im Seeklima der feuchten Westseiten der Kontinente herabsteigenden Firngrenzen und besonders in den Gletschern wiederfinden (s. unten, S. 330 und 334). Selbst in den nordöstlichen Teilen der Alpen begünstigen niedrigere Sommertemperaturen zusammen mit den reichen Niederschlägen das Herabsteigen der Firngrenze, die infolgedessen im Sonnblickgebiet ebenso hoch liegt wie am Westende der Ostalpen.

Die Erdwärme wird abschmelzend auf mächtige Firnlager in derselben Weise einwirken wie auf Gletscher; die gewöhnlichen Firnflecken und die Schneedecke stehen dagegen bis zu ihrem Grund unter dem Einfluß der Lufttemperatur. Der firnfreie Ätnakrater zeigt den Einfluß der vulkanischen Wärme. Pentland und andere hatten nun geglaubt, daß auch an den vulkanischen Hochgipfeln Südamerikas die Lage der Firngrenze durch die die Wände der Berge durchdringende vulkanische Wärme mitbestimmt werde. A. von Humboldt trat aber dieser Ansicht mit dem Hinweis entgegen, daß „Cotopaxi wie Tungurahua sich ihrer Schneehaube immer nur wenige Tage vor dem Eintreten sehr heftiger Eruptionen entledigen". Die gewaltige Kraft, mit der die dadurch gebildeten verderbenbringenden Schlammströme vom Berge herabstürzen, haben wir kennen gelernt. Ein ähnlicher Fehlschluß in der entgegengesetzten Richtung ließ die Firngrenze auf der kalten Unterlage der Gletscher notwendig herabsteigen; nun mag wohl die kalte Unterlage die Firngrenze hinabsteigen machen, aber der Gletscher verschlinge durch seine Zerklüftung, seine Bewegung und seinen Seitendruck große Firnmassen, wodurch die Firngrenze wieder hinaufgerückt wird.

Da die Firngrenze eine klimatische Erscheinung ist, so werden andere klimatische Höhengrenzen Ähnlichkeiten mit ihr zeigen. Darin liegt der Parallelismus der Höhengrenzen, der natürlich immer nur angestrebt, nie aber in der Art verwirklicht ist, daß man etwa mit Leopold von Buch aus der Birkengrenze in Lappland dort die Firngrenze berechnen könnte. Die Beobachtungen zeigen vielmehr ein örtlich ganz verschiedenes Verhalten der Firngrenzen und Vegetationsgrenzen, überall steigen die Firngrenzen am weitesten aufwärts, wo sich die geringsten Niederschläge mit der reichsten Besonnung verbinden, die Vegetationsgrenzen dagegen, wo reichliche Besonnung und reiche Niederschläge zusammentreffen. Daher liegt nach Fritzschs Beobachtung die höchste Firngrenze am Ortler auf der Südseite (bei 3090 m), die höchste Baumgrenze auf der Südwestseite (in 2315 m).

Die mittelbare Bestimmung der Firngrenze.

Einer so verwickelten Erscheinung wie der Firngrenze wird man wohl immer nur durch unmittelbare Beobachtung näher kommen können. In der That ist die ganze Geschichte der Erkenntnis der Firngrenze ein Herausringen aus schematischen Vorstellungen durch gründliche und ausgedehnte Beobachtungen. Die Bestimmung auf deduktivem Wege unter der Voraussetzung, daß die Höhenlinien Funktionen der geographischen Breite seien, ist schon von De Saussure als undurchführbar nachgewiesen worden.

Die Firngrenze auf den Gletschern mit Hugi und Agassiz als allgemeine Firngrenze zu bestimmen, geht auch nicht an, denn diese ist von den Umständen ihrer eigentümlichen Unterlage abhängig. Daß sie aber bei der Bestimmung der allgemeinen Firngrenze mit heranzuziehen sei, ist anderseits nicht zu bezweifeln, denn sie ist ein Teil dieser Grenze, der unter der Begünstigung der kalten Unterlage und des Lokalklimas eines Gletscherbettes hinabgerückt ist. Es ist aber sehr richtig, was Eduard Richter in den „Gletschern der Ostalpen" hervorhebt, daß sie keineswegs mit Notwendigkeit tiefer liege als die allgemeine Firngrenze, sondern es kann im Spätsommer sehr wohl die letztere unter orographischer Begünstigung weiter unten liegen als jene, die dem Einfluß der Sonne, der Winde und nicht zuletzt der Schmelzbäche des Gletschers frei ausgesetzt ist. Ein festes Verhältnis zwischen der allgemeinen Firngrenze und der Firnlinie auf dem Gletscher zu finden, ist daher unmöglich. Außerdem ist wegen der Unbestimmtheit der Grenze zwischen Firn- und Abschmelzungsgebiet (s. oben, S. 316) auf dem Gletscher eine Linie noch schwerer festzulegen als in den Felsregionen. Wohl aber können die Gletscher in anderer Weise zur Schätzung der Firngrenze herangezogen werden, die schon De Saussure anwandte, wenn er im Montblancgebiet einzelne Berge von 2700 m Höhe noch firnfrei fand, während am Montblancstock der Firn bis 2500 m herabstieg. Brückner und Richter haben die Berge mit Gletschern in freier Lage mit gletscherfreien Bergen von etwas geringerer Höhe verglichen; jene sind eben noch vergletschert, diese nicht mehr, die Gipfel jener liegen gerade über der Firngrenze, diese gerade darunter, beide sind also für Schätzungen geeignet. Übrigens darf auch darauf hingewiesen werden, daß in Inlandeisgebieten oft kein anderes Mittel bleibt, als die Firngrenze auf dem Gletscher zu bestimmen, wenn nämlich die Übergletscherung ganzer Inseln keinen eisfreien Raum übrigläßt.

Brückner hat den Versuch gemacht, von anderer Seite her auf die Hugische Methode zurückzukommen, indem er von dem Verhältnis der Gletscherabschnitte über und unter der Firngrenze (Schneegrenze) ausging. Er meint, mindestens drei Viertel des ganzen Gletscherareals liegen über der Firngrenze, ein Viertel darunter. Wenn man nun bei einem Gletscher die oberen drei Viertel des Gesamtareals ausmißt, so ist die Isohypse, die diesen Abschnitt unten begrenzt, die Firngrenze. Das klingt ganz plausibel. Aber wenn wir in die Natur hinaustreten, erkennen wir das Trügerische in den Voraussetzungen. Das Verhältnis 1:3 zwischen Gletscherzunge und Firngebiet kommt oft vor, ist aber weit entfernt, allgemeingültig zu sein. Es ist selbst in den Alpen das Verhältnis 1 : 6 möglich. Dazu kommt aber, daß aus rein orographischen Gründen große Gebiete über der Firngrenze weder Gletscher noch Firn tragen, die bei dieser Art der Schätzung nicht mit eingerechnet werden. Kurowskis Messungen in der Finsteraarhorngruppe zeigen eine Zunahme des firn- und eisbedeckten Bodens bis über 3000 m, wo

dann wieder ein Überwiegen der Felspartien wegen zunehmender Steilheit des Bodens eintritt, während das Übergewicht der Firnbedeckung bei 2850 m beginnt. Eduard Richter hat daher aus dieser Methode eine neue abgeleitet, die er auf große Thalgletscher beschränkte, wobei er die Firnflächen mit Ausschluß der unbedeckten Felspartien maß. Er erhielt dabei der klimatischen Firngrenze sehr nahekommende Werte, die aber in der Regel etwas höher als die unmittelbare Beobachtung fallen. Kurowski hat diese Methode zu einem gewissen Abschluß geführt, indem er ohne Unterscheidung von Nähr- und Abtragungsgebiet von dem Verhältnis zwischen der Gletscheroberfläche und der Firngrenze ausging. Solange ein Gletscher weder im Vorstoß, noch im Rückzug ist, kann man im allgemeinen annehmen, daß auf ihn, vom obersten Rand seines Firngebietes an, so viel Schnee fällt, als in Form von Schnee, Firn und Eis wieder abgetragen wird. Der Gletscher ragt aus dem Sammelgebiet in das Gebiet der Abtragung hinein, und seine Bewegung bewirkt die Verbindung zwischen beiden. So wie für die Firngrenze ein Gleichgewicht zwischen Schneefall und Abschmelzung anzunehmen ist, wiegen auf dem Gletscher beide einander auf. Würde nun der Schneefall nach oben regelmäßig zu- und die Abtragung regelmäßig abnehmen, so müßte die Grenze zwischen beiden in der Mitte der Fläche des Gletschers zu suchen sein. Nun sind aber, wie wir im klimatologischen Abschnitt sehen werden, beide Annahmen nicht genau richtig, und die mittlere Höhe der Gletscher wird etwas höher sein als die Firngrenze. Wohl aber kann für einen Gebirgsabschnitt, wo die verschiedenen Daseinsbedingungen der Gletscher einander ausgleichen, die mittlere Höhe seiner Gletscher eine der Wahrheit nahe kommende Firngrenzenhöhe ergeben.

Die Firngrenze als Ausdruck von Bewegungen.

Müssen also Messung und Beschreibung sich vereinigen, um ein treues Bild der Höhengrenzen zu geben, so kann endlich die ganze Aufgabe noch eine Vertiefung dadurch erfahren, daß man die Bewegung selbst ins Auge faßt. Die Höhengrenze als Endlinie einer Bewegung setzt für ihr genaues Verständnis die Kenntnis dieser Bewegung auf verschiedenen Stufen voraus. Ein Teil dieser Stufen liegt nun in der Firnfleckenzone, die in die klimatische Firngrenze überleitet, ein anderer in der häufig zu beobachtenden Regelmäßigkeit der Anordnung der Firnflecken in horizontalen Systemen. Ein anderer Teil liegt tiefer und fließt in unseren Klimaten mit der winterlichen Schneedecke der Ebenen zusammen. Die Bewegung, welche im Beginn des Winters diese Verbindung knüpft, um sie im Frühling wieder zu lösen, ist bisher nur in seltenen Fällen genauer erforscht und dargestellt worden.

Die genauesten Arbeiten über den Gegenstand besitzen wir von Hertzer, der die „temporäre Schneegrenze" am Brocken nach 34jährigen Beobachtungen, und von Denzler, der dieselbe für den Säntis nach 30jährigen Beobachtungen darstellt. Am Säntis steigt die Schnee- und Firngrenze, die im März bis 720 m gesunken war, im April auf 910 m, im Mai auf 1310 m, im Juni auf 1910 m, im Juli und August wird der 2500 m hohe Berg fast firnfrei, im September beginnt dann das Herabsinken, zuerst auf 2100 m, im Oktober hat es 1740 m, im November 1020 m, im Dezember 750 m erreicht. Am Sonnblick hebt sich die Firngrenze im April von 1400 auf 1600 m, im Juli auf 2400 bis 2700 m, und im August verschwindet fast jede Spur von Schnee von den Thalwänden. Die nach Süden gewandten Hänge sind die Hälfte des Jahres schneefrei bis 2000 m aufwärts. Nehmen wir die Durchschnitte aus den schönen Beobachtungen Hertzers in Wernigerode über das Steigen und Fallen der Schnee- und Firngrenze am Brocken mit den Jahreszeiten, so finden wir folgenden Gang: 9. November 1150 m, 21. November 850 m, 6. Dezember 550 m, 27. Dezember 240 m, 5. März 400 m, 29. März 700 m, 5. April 850 m, 13. Mai 1150 m. Man beachte das rasche Herabsteigen im Herbst und das langsame Zurückweichen im Frühling; diese Firngrenze braucht um ein volles Dreiviertel mehr Zeit zu diesem als zu jenem. Auch in den Alpen sinkt sie vom höchsten Stande im August, auf dem sie häufig nur ganz kurze Zeit verweilt, erst langsam, dann im Herbste rascher herab und erreicht den tiefsten Stand im November, um dann vom März an langsamer, aber stetig wieder zu steigen.

Reste dieser wechselnden Zustände sind Firnreste, die im Schutze der Bodengestaltung tief in den Sommer hinein liegen bleiben. In einer Senke unter dem Gipfel des Feldbergs im Schwarzwald bei etwa 1450 m verschwanden Firnflecken nach längeren Beobachtungen zweimal

im September, viermal in der zweiten, dreimal in der ersten Hälfte des August, zwölfmal in der zweiten, achtmal in der ersten Hälfte des Juli, viermal im Juni. Collomb teilt mit, daß am Nordostabhang des Ballon des Servances in den Vogesen der Schnee oft in 1100 m bis zum Juli liegen bleibt. Der Schneekopf im Thüringerwald (976 m) besitzt an der östlichen und südöstlichen Seite unter dem Gipfel eine Schlucht, die der Schneetiegel genannt wird, weil sich der Schnee darin manchmal bis in den Juli hält. Am Brocken, von dem man früher glaubte, er rage in die Schneeregion hinein, hat Professor Herßer in Wernigerode (s. oben) nachgewiesen, daß die letzten Firnreste einmal am 8. Juli (1855) und einmal am 1. Mai (1862) weggingen. Am häufigsten fällt ihr Verschwinden in die Mitte des Juni. Wundern wir uns über das Liegenbleiben des Firnes in der großen Schneegrube am Nordabhange des Riesengebirges bis Mitte Juli, wenn sie von Mitte Oktober bis in den März von keinem Sonnenstrahl erreicht wird? Hier befinden wir uns schon nahe beim Übergang zur Gletscherbildung.

„Jeder Winter häuft in diese Gruben beträchtliche Schneemassen. Der geringste Teil des festen Niederschlags fällt bei so ruhiger Luft, daß er in gleichmäßig mächtiger Decke sich über alle Unebenheiten hinbreiten könnte. Meist begleitet den Schneefall heftiger Wind; er wird immer, mag er kommen, aus welcher Richtung er will, in die großen Felsenkessel weit mehr als das ihrem Flächenraum durchschnittlich zukommende Quantum Schnee hineinführen. Nordwinde, welche in die offene Seite der Gruben hineinfahren, prallen an die steilen Rückwände der Felsenkessel an; nur einen Teil ihrer Schneelast vermögen die untersten Schichten des Luftstroms hoch genug emporzuwirbeln, um sie über den Kamm fort südwärts ins Elbthal hinüber zu jagen; der überwiegende Teil des emporgewirbelten Schnees kommt zurückprallend an der Wand im Hintergrund der Grube zur Ablagerung. Streicht der Wind über die Ränder hinab in die Gruben, so wird im Windschatten, in dem toten Winkel hart unter den Felsmauern die Schneeanhäufung besonders rasch vor sich gehen. Unter allen Umständen werden die Felsenkessel bevorzugte Sammelbecken des winterlichen Niederschlags sein." (Joseph Partsch.) Die Karpathen stehen in der Zahl der Firnflecken dem Riesengebirge weit voran. Grissinger zählt deren 44 mit etwa 1 qkm Gesamtfläche.

Die Firngrenze in der Arktis und Antarktis.

Weite Polargebiete sind die Sommermonate hindurch firnfrei. Den Nordlandfahrern ist an der Küste Ostfinmarkens zur Zeit der Mitternachtssonne das Bild vertraut von Firnflecken auf beschattetem Schutt und in rinnenartigen Vertiefungen nordostwärts gekehrter Hänge bis fast ans Meer, während darüber die 200 bis 300 m hohen Hochflächen schneefrei sind. In kalten Jahren liegt sogar bei Tromsö verspäteter Schnee noch Mitte Juni bis zum Meer, so daß die Lappen ihre Sommerweideplätze nicht beziehen können, und in dem viel mehr begünstigten Südlande Islands decken oft noch an der Schwelle des Sommers Schneefälle die grünenden Matten zu. Ende Juli sind die Firnflecken indessen selbst im nördlichen Island am Meere verschwunden. Am Ostkap der Tschuktschenhalbinsel bildet ein mächtiger Firnfleck dieser Art eine Landmarke; er hat einen dort mündenden Bach mit einem 160 Schritt breiten und 15 m hohen Gewölbe überbrückt. John Roß hat auf Boothia Felix selbst im März den Schnee von den Felsen wegtauen und in dem sehr milden Jahre 1830 in diesem Monat das Wasser niederlaufen sehen, worauf dann noch im Oktober bei — 13° Mittagstemperatur die Sonne den Schnee von den Ufern und Felsen wegschmolz. In dem nebelreichen Klima der Antarktis mag der Fall öfters vorkommen, daß heller Sonnenschein den Schnee der Berge, wie die Gerlache-Expedition im Grahamland beobachtete, nur oberhalb 50 bis 100 m schmilzt, und es mag dies zur Entblößung der höheren Berge von Firn beitragen.

Wie hoch steigen nun die sommerlichen firnfreien Stellen in den Polarländern an? Beginnen wir mit Island; dort liegt nach Thoroddsens Messungen die Firngrenze am Oroefajökul 800 bis 1000 m

hoch, und Gletscher steigen von ihr in allen Richtungen zur Ebene herab. Auf der Bäreninsel sah Keilhau am 20. August bis zu 300 m nur Firnflecken an geschützten Stellen, wo der Schnee zusammengeweht war. Jan Mayen bietet das Bild schneeumlagerter Krater und kaskadenartig herabsteigender Gletscher. Der 2545 m hohe Beerenberg ist bis 700 m ü. M. firnbedeckt, sein Hauptgletscher endet mit deutlichen Moränen in geringer Entfernung vom Meere. Auf der Südinsel von Nowaja Semlja geht im Sommer der Firn von allen Ebenen weg und reicht zusammenhängend nur bis 1000 m herab. Die kleine Insel Einsamkeit (77° 42′ nördl. Breite), die 30 m hoch ist, wurde bei der Entdeckung schneefrei gefunden. Von Spitzbergen wird im allgemeinen gesagt, steile Hänge seien im Sommer bis 300 m aufwärts firnfrei, aber Heuglin sah die hohen, zackigen Gipfel von König Karl-Land nur zum Teil weiß glänzen. Für das nördlichste Asien wollen wir endlich an Nordenskiölds Worte über Kap Tscheljuskin (77° 37′ nördl. Breite) erinnern: „Kein Gletscher wälzt seine bläuliche Eismasse an den Seiten der Berge hinab"; sowohl Höhen als Flachland fand er hier firnfrei, bis auf die Klüfte, in denen Firnreste bis zum Meere hinabsteigen. In Grönland schließt Drygalski aus dauernden Firnfeldern in freier Lage auf die Höhenlage der Firngrenze unter 70° nördl. Breite in 860 m. Auf dem Inlandeise fand er in 600 bis 700 m noch reichliche Ansammlungen alten Schnees, und Mitte August kamen hier auch schon Schneefälle vor; aber der alte Schnee war Mitte September verschwunden bis 700 m, und hier setzt er denn die Firngrenze in 700—800 m. Greely hat sie für seinen Mount Arthur in Grinnell-Land sogar nicht weit von 1100 m angegeben. Schon von Mitte Juni ab werden die Berge an der Westküste Grönlands großenteils firnfrei, nur an Stellen, die ungünstig gelegen sind, z. B. den vom Nordostwind bestrichenen Bergen von Byam Martin, bleiben sie tief herunter weiß. Drygalski sah die erste deutliche Schmelzwirkung bei 200 m am 30. März, entschiedene Schneeschmelze in dieser Höhe begann erst Mitte Mai, war aber bis Anfang Juni schon bei 500 m angelangt. Mitte September sah John Roß auch die Berge im Inneren von Boothia Felix firnfrei. Aus Nordostland, das, ähnlich wie Grönland, eine Inlandeisdecke trägt, schrieb Nordenskiöld 1861: „Auf einer Höhe von 500—1000 Fuß trifft man keinen sogenannten ewigen Schnee, sondern während des letzteren Teiles des Sommers schneefreie Ebenen. Erst bei 1500—2000 Fuß scheint eine beständige Schneeregion zu beginnen." Das würde also die Firngrenze bis etwa 600 m hinaufrücken. Nansen sah die Firngrenze auf den Inseln von Franz Josefs-Land viel tiefer herabreichen als in anderen arktischen Gebieten. Eine Zahl gibt er dafür nicht an. Das dürfte auch schwer sein, denn die eigentümliche Inlandeisbildung dieser Inseln deckt viele Inseln ganz zu, und es bleiben hauptsächlich nur an den Westgestaden wenige Stellen firnfrei. Der Herzog der Abruzzen fand die Schneeschmelze schon im Juli sehr ausgiebig und sah die Gletscher im August 1900 so ausgeapert, daß er annahm, es sei mehr als der Betrag der Niederschläge weggeschmolzen und verdunstet.

Die Länder der Antarktis werden gewöhnlich als ganz unter tiefen Firn- und Eismassen begraben gedacht. Nicht überall entsprechen dem die Thatsachen. Aus den Beobachtungen der deutschen Expedition von 1882/83 wissen wir, daß auf Südgeorgien in 54° 31′ südl. Breite bei einer mittleren Temperatur von + 1,4°, einer mittleren relativen Feuchtigkeit von 74 Prozent und einer Niederschlagssumme von etwa 1100 mm, die das ganze Jahr über und meist in Form von Schnee fiel, die Bedingungen für Firnansammlung sehr günstig sind. Die Schneedecke des Winters, die 1 m Tiefe erreicht, schmilzt an der Nordseite der Insel im Frühjahr auf dem Vorland und den niedrigeren Bergen fast vollständig weg, und wo das Schmelzwasser abfließen kann und Humus liegt, entwickelt sich bis zu 90 m Höhe das Tussakgras in üppiger Fülle. Die Angabe Cooks, daß Südgeorgien auch im Sommer unter Eis und Schnee begraben sei, kann höchstens für einen Sommerschneetag gelten. Aus den Beobachtungen von Peter Vogel wissen wir, daß es firnfreie Stellen bis 700 m gibt, während auf der anderen Seite allerdings auch Firnflecken in geschützter Lage bis zum Meere herab vorkommen. Auf dem Roßgletscher bestimmte Vogel eine Firnlinie bei 350 m und möchte daraus schließen, daß man eine allgemeine Firngrenze für Südgeorgien etwa bei 550 m ziehen könnte. Die klimatisch günstigere Lage der Kergueleninseln kommt in dem Hinaufrücken der Firngrenze bis 800 und 900 m zum Ausdruck. Weiter im Süden fehlt es auch durchaus nicht an freiliegenden Abhängen und Uferstreifen. Arktowski fand bei einer ganzen Anzahl von Inseln des Palmerlandes die Küste firnfrei, unter 65° begann die zusammenhängende Firndecke erst bei 50 m, was allerdings nicht ausschloß, daß hart daneben kleine Eilande bis zum Meeresspiegel mit nassem Schnee bedeckt waren. Wo in der Nähe des Polarkreises die nördlichen Spitzen von Grahamland als Berge von alpinem Typus steil aus dem Meer hervorsteigen, sind die Steilwände bis 300 m firnfrei, während darunter auf flacheren Felsstufen riesige Firnmassen kleine Gletscher bilden, die mit Eiswänden

ins Meer steigen. Borchgrevink sagt sogar vom Victorialand: „Es ist auffallend, wie frei es von Eis und Schnee an Stellen nahe der Küste ist.“ Er nennt Kap Adare, die Inseln Duke of York, Doubtful, Possession, Coulman, Geikieland, Newneßland (s. die untenstehende Karte), die im Sommer Pflanzenwuchs tragen. Man sieht dunkle Küsten von gegen 150 m Höhe, die ein Schuttsaum umgürtet. Auch Kap Crozier nennt er vergleichsweise schnee- und eisfrei, und die Ostseite des Berges Terror ist nicht eisumgürtet, der Eismantel des Vulkans bricht hier vor dem Meere ab.

Aus allen diesen Beobachtungen kann man den Schluß ziehen, daß zwei Formen festen Wassers, in der Arktis jenseit des Polarkreises und in der Antarktis schon von 54° südl. Breite an, bis an den Meeresspiegel herabreichen: die geschützt liegenden Firnflecken und die Ausläufer des Inlandeises und größerer Einzelgletscher. Die alte Annahme, daß in diesen Gegenden die Firngrenze zum Meeresspiegel herabreiche, ist also mit der Einschränkung richtig, daß die orographische Firngrenze den Meeresspiegel erreicht. Die klimatische Firngrenze dagegen kommt in den meisten Gebieten gar nicht zur Ausbildung, da die ungemein ausgedehnte Vergletscherung nach allen Seiten ihre Riesengletscher und Inlandeismassen über diese Grenzen hinaussendet. Die schwachen Niederschläge und die kräftige Mitternachtssonne lassen dort, wo diese Verfirnung nicht hinreicht, die klimatische Firngrenze hoch hinaufsteigen; und es scheint dabei kein großer Unterschied mehr zwischen den Ländern am Polarkreis und jenseits 80° nördl. Breite zu sein, wohl aber zwischen den Westseiten, wo offenes Meer liegt, und den eisumlagerten Ostseiten, selbst in Franz Josefs-Land. Solche Fälle sind aber nur aus der Arktis bekannt, denn in der Antarktis herrscht der Inlandeistypus fast unbedingt vor. Überall, wo hier das herabsteigende Inlandeis sich mit den Firnflecken verschmolz, entstand die „blasenartige“ Vergletscherung und Verfirnung ganzer Länder bei einer Abkühlung des Klimas in der Weise, daß von obenher die wachsenden Firne und Gletscher sich ausbreiteten, während zugleich die Firnflecken ihnen von untenher entgegenwuchsen. Unter den arktischen Gebieten gehören der größte Teil von Grönland, Nordostland und die Franz Josefs-Inseln diesem Typus an.

Randgletscher in der Robertson-Bai in der Antarktis.
Nach „The Journal of the Royal Geographical Society“, 1900.

Die Firngrenze in den Hochgebirgen Europas.

Wir haben bereits gesehen, wie in den über den Polarkreis hinaus liegenden Teilen der Skandinavischen Halbinsel teils vorübergehend, teils dauernd Firn und Schnee bis nahe ans Meer herabsteigen. Geschlossene Firnansammlungen liegen aber auch hier bedeutend höher. Über der Küste von Magerö liegt die klimatische Firngrenze in 700—900 m, am Westabhang

des Sulitelma, nahe beim Polarkreis, ist sie schon bis 1000 m hinaufgerückt. Justedals Bräer zeigen sie bei 1300 m, Storfjord (nahezu 60° nördl. Breite) bei 1400 m, beide an der Westseite (s. die untenstehende Abbildung). Überall steigt mit der Abnahme der Masse der Niederschläge und der Zunahme der Sommerwärme die Firngrenze landeinwärts an. Das ist sehr deutlich in Norwegen, wo sie in 60—62° nördl. Breite 150—300 m höher im Inneren als an der Küste liegt, während der Unterschied viel geringer wird unter dem 64. Grad nördl. Breite und von da an nordwärts, wo die stärkere Küsten- und Oberflächengliederung dem Klima tiefer einwärts einen maritimen Charakter verleiht. Immerhin weisen Wahlenbergs Messungen auch am Sulitelma eine Firngrenzhöhe auf der Westseite von 1000 m gegen 1300 m an der Ostseite nach. Am Dovrefjeld liegt sie in 1570 m im Westen, in 1650 m im Osten. Früher pflegte man für die Alpen eine einzige Firngrenzhöhe anzugeben, die höchstens für die Nord- und Südseite geteilt ward. Wir wissen jetzt, daß gerade in diesem reich individualisierten Gebirge beträchtliche Unterschiede vorkommen. Und sie sind nicht einmal in eine kurze Formel zu bringen, wie z. B. Ansteigen von Westen nach Osten, vielmehr üben den größten Einfluß auf die Höhe der Firngrenze die Niederschlagsmenge, die Sommertemperatur und die Lage der Berge am Rande oder im Inneren der Erhebungsmassen.

Firngrenze auf der Paßhöhe von Nystuen am Sognefjord, Norwegen. Nach Photographie.

Für den Montblanc werden 2860—3100 m angegeben. In den Berner Alpen findet Kurowski nach der Karte für die im ganzen 3425 m hohe Finsteraarhorngruppe 2950 m. Im Dammastock liegt die Firngrenze durchschnittlich 200 m tiefer als im Finsteraarhorngebiet, eine Folge der geringeren Massenerhebung. Auffallend sind die den Zahlen für den Montblanc beinahe entsprechenden Zahlen für den Ortler. Nach den Messungen von Magnus Fritzsch steigt die Firngrenze im Ortlergebiet bis 3090 m an den Südhängen und sinkt bis 2855 m auf den Nordhängen. Im Durchschnitt liegt sie bei 2960 m (vgl. S. 323). Für die Ostalpen haben wir in dem Werke Eduard Richters „Die Gletscher der Ostalpen" (1888) eine vorzügliche Grundlage, die uns die Verteilung der Firnmassen im einzelnen kennen lehrt. Da sehen wir in den steilen, schluchten- und schuttreichen nördlichen Kalkalpen die Firngrenze auf 2500 m herabsinken. Dagegen in den unmittelbar südlich davon liegenden Ötzthaler Alpen steigt sie in den Thälern der nördlichen Ausläufer auf 2800 m, in den südlichen der nördlichen inneren Gebiete auf 2900—3100 m, sinkt aber nach Osten hin in der Stubaiergruppe, wo sie im ganzen nicht über 2800 m ansteigen dürfte. Am Adamello sinkt die Firngrenze auf 2800 m, in der Brentagruppe auf 2700 m. Auf der Nordseite der Hohen Tauern steigt sie auf 2600 m herab, nachdem sie schon in den Zillerthaler Alpen von Westen nach Osten etwas gesunken ist, und auf der Südseite dürfte sie 2800 m nicht übersteigen. Die mittlere Erhebung der Gletscherenden und der klimatischen Firngrenze auf der Südseite der Sonnblickgruppe ist 2730 m, auf der Nordseite 2680 m. Im Vergleich mit Ortler und Adamello zeigen die gleich südlich liegenden, zerklüfteten Dolomitalpen eine tiefere Lage der Firngrenze bei 2800—2700 m. Am Gran Sasso d'Italia liegen Firnflecken in dem nordwärts geöffneten Kessel des Asothales im Schatten des

Monte Vettore; in der Conca della Neva, einem Schutt-Thale zwischen den zwei Gipfeln des Gran Corno, steigt ein beträchtliches Firnfeld bis zu 2600 m herab. Am Ätna hatten zwar Lyell und Sartorius von Waltershausen Gletscher zu finden geglaubt, aber das sind Firnflecken, die sich zum Teil nur unter dem Schutze darüber gewehten vulkanischen Sandes erhalten haben; in einem der schneeärmsten Jahre, 1893, fand Paul Hupfer den tiefsten Firnfleck bei 2750 m, vier andere zwischen 2850 m und 3015 m. In anderen Jahren steigen sie bis gegen 2600 m herab. Alle lagen auf der Nordseite. Man kann also wohl sagen, der Ätna ragt über die Firngrenze hinaus, und sein Gipfel, für dessen mittlere Jahreswärme 1,06° angegeben wird, würde eine Firnkappe tragen, wenn nicht die vulkanische Thätigkeit wäre. Auf der Balkanhalbinsel liegt die klimatische Firngrenze gerade in der Gipfelhöhe des Rila zwischen 2900 m und 3000 m. Die Pyrenäen zeigen auf der französischen Seite Firnflecken bei 2300 m im Nordwesten, bei 2800 m am Canigou; auf der spanischen Seite, die niederschlagsärmer und trockener ist, kommen Firnflecken an den Picos de Europa in 2600 m vor. Noch unter 2800 m liegen in beschatteten Schluchten der Sierra Nevada Firnflecken, dort Ventisqueiras genannt und von den Eisgewinnern ausgebeutet. Selbst in 2400—2600 m liegen in der Sierra de Gredos' engen Schluchten Firnflecken. Pallas erwähnt auf „den hohen, von Holz entblößten Alpflächen" Tauriens „Schluchten, die von Felsen Schutz haben, und durch die abfließenden Wasser vormals ausgehöhlte Abgründe, wo Schnee und Eis sich zu allen Zeiten erhält", während der Winterschnee auf diesen Höhen im Mai schmilzt. Die höchsten Erhebungen des Jaila Dagh auf der Taurischen Halbinsel erreichen 1520 m; es ist hier nur von vereinzelten Erscheinungen unter starker orographischer Begünstigung die Rede, die nichts mit der Firngrenze zu thun haben.

Die Firngrenze in den Gebirgen Asiens.

Dem Argäus, dem 4010 m hohen vulkanischen Hochgipfel Kleinasiens, pflegte man Gletscher abzusprechen: nun zeigt sich der Argäus, von Norden gesehen, als zweigipfeliger Berg, die Gipfel durch ein breites Schneefeld getrennt, aus dem sie als rote Klippen hervorragen. Tozer, der den Argäus im Juli 1879, in einem der heißesten Sommer Kleinasiens, bestieg, berichtet: Schnee liegt an der Ostseite in einer Schlucht, in der man aufsteigt, und als breites Feld zwischen beiden Gipfeln an der Nordseite. Die Höhe kann zu ca. 4010 m, die Grenze der ersten Firnflecken in jener Schlucht zu 3460 m angenommen werden. Daraus ist wahrscheinlich die Angabe entstanden, die man in den Büchern findet, daß die Firngrenze am Argäus in 3450 m liege; aber das ist viel zu tief. Man wird besser 4000 m ansetzen. Auch am Bingöl Dagh sind einzelne Firnflecken in ähnlicher Höhe wie am Argäus gefunden worden. Im Libanon, der dem Meere näher liegt, findet man Firnlager hart über 3000 m. Die Firngrenze liegt auf der Südseite des Kaukasus bei 3300 m. Am Elburs schwankt sie zwischen 3200 und 3500 m, wobei die West- und Südhänge wegen der dort vorherrschenden Winde aus diesen Richtungen auffallend hoch hinauf firnfrei sind; über Hocharmenien steigt sie bis 4200 m. Der Ararat, für dessen Firngrenzhöhe gewöhnlich 4000 m angegeben werden, ist nur von 4500 m an geschlossen mit Firn bedeckt, sein nördlicher Hauptgletscher reicht nur bis 3700 m herab; für die Firngrenze gibt Abich 4100 m auf der Nord-, 3900 m auf der Südseite an, Parrot gibt für „die unterste Zunge der zusammenhängenden Schneedecke" 3800 m. Der Alagös hat kleine Firnflecken im Krater, im Schutz der Süd- und Ostwand, und außerhalb größere Ansammlungen auf der Nordseite und im Hintergrunde des Thales Güsal-Dara, wo ein kleiner Gletscher daraus hervorgeht. Pastuchow schätzt die ganze firnbedeckte Fläche auf 5 Quadratwerst, ihre untere Grenze ist gegen 3500 m. Gletscherspuren reichen aber 1000 m tiefer. Unter dem 5630 m hohen Gipfel des Demawend liegen Firnfelder auf der Nordseite, Firnflecken auf der Südseite, und den Krater erfüllt ein Firnfeld.

Wo in Vorderasien und im westlichen Zentralasien reichlichere Niederschläge fallen, sinkt auch die Firngrenze herab, und zwar merkwürdigerweise auf 3600—3700 m in einem

breiten Strich vom Araxes-Quellgebiet, wo sie zu 3700 m angegeben wird, bis zum östlichen Tiënschan, wo sie auf dem Meridian von Kuldscha im Juli 1876 am Berg Bogdo Ula bei Gutscher durch Oberst Pjevzow zu 3630 m bestimmt wurde, und zum Transilischen Alatau, wo sie zu 3600 m bestimmt ist. Nach Osten zu, wo die Schneemenge rasch abnimmt — kommt es doch vor, daß die Pässe nördlich von Kaschgar bei 3600 m noch im Dezember schneefrei sind — steigt sie aber bis zu 4900 m an.

Im Seraffschanthal liegt sie bei 3700—4000 m, im Alaigebirge bei 4300 m und weiter östlich erreicht sie 4900 m. Dies alles nördlich von 40° nördl. Breite. Kostenko gibt für die Firngrenze in den nördlichen Pamir schon 5000 m an. Im Thal des Us-Bel-Su erreichen die Berge die Firngrenze eben bei 5500 m. Weiter im Süden haben im Karakorum die Brüder Schlagintweit Firngrenzhöhen von nahezu 6000 m gemessen, die an peruanisch-andine Verhältnisse erinnern. Der 5660 m hohe Karakorumpaß ist nicht vergletschert und wird im Sommer schneefrei; die meisten Übergänge im Karakorumgebirge, dessen mittlere Paßhöhe die Schlagintweit zu 6200 m angeben, sind dauernd verschneit; aber Hayward überschritt einen Paß im Karakorum zwischen Jarkandfluß und Karakaschfluß, der schon am 28. Juni 1873 bei 5800 m schneefrei war. Fast gänzlich schneefrei waren kegelförmige Gipfel von 6100 m im Karakorumgebirge. Die viel diskutierten und zuletzt nur bestätigten Firngrenzen an den tibetanischen Abhängen des Himalaya liegen nach Webb nicht viel tiefer: 5670 m. In Sikkim sind es die Westabhänge, wo die Firndecke tiefer herabreicht als an den Ostabhängen. Im allgemeinen werden für die Nordabhänge des Himalaya 5500 m, für die Südabhänge 4900 m angegeben. Im Nordtibet kann man das Marco Polo-Gebirge auf schneefreien Pässen fast bei 5000 m kreuzen. Nur im Dezember konnte Prschewalskij dem Munkargebirge in 32° nördl. Breite und 92° östl. Länge den Namen Schneegebirge beilegen.

Trotz seines rauhen Klimas werden Sachalins Berge im Sommer schneefrei. Es ist eine Folge der geringen Niederschläge und der (durch Nachtfröste unterbrochenen) Sommerhitze. Auf Kamtschatka tragen über 3000 m hohe Berge nur an den Gipfeln dauernden Firn; Lütkes Messungen gaben dem Vulkan Kronotsky in Kamtschatka 3300 m; er ist Ende Juni nur am Gipfel mit Firn bedeckt, an den Seiten nur stellenweise. Auf Hondo erreicht der Fudschi Yama, den die Japaner gern mit schneeverhülltem Gipfel zeichnen, nur eben die Firngrenze; er ist 3760 m hoch, trägt aber nur 8—10 Monate seine Firnhaube unzerrissen; Alcock fand dort im September nur einige Firnflecken, die an den Ätna erinnern. Es ist wohl ein vereinzelter Firnfleck, der Anlaß gab, die Firngrenze am Harinokipaß bei 2150 m zu ziehen, und diese Zahl, wie W. Weston thut, für die „japanischen Alpen" im Inneren Hondos überhaupt anzusetzen. Die höchsten Gipfel Formosas sind durch die japanischen Besteiger bei 4200 m schneefrei gefunden worden.

Die Firngrenze in Amerika.

In Nordamerika kommen dauernde Firnlager südlich von 37° nördl. Breite nur unter orographischer Begünstigung vor. So werden sie uns von dem 3600 m hohen San Mateo, von der 3900 m hohen Sierra de Santa Fé geschildert, vielleicht begegnet man ihnen auch auf der Sierra Blanca in 33° nördl. Breite. Ausgedehntere Firnflecken findet man wohl im Felsengebirge von Colorado zwischen 39 und 41° an Bergen, die über 4300 m hinausragen, aber keine zusammenhängende Firndecke, die eine klimatische Firngrenze bildet. Nach dem Inneren des Hochlandes lassen Trockenheit und Massenerhebung die Firngrenze noch weniger zur Erscheinung kommen. Anders auf der Sierra Nevada von Kalifornien, wo Mount Ritter in 37° 30′ große Firnfelder trägt und gletscherbildende Firnlager am Mount Lyell und Mount Dana bis 3600 m herabreichen. Weiter nördlich zeigt Lassens Peak von 2500 m, Mount Shasta von 2400 m an Firnfelder. Im Kaskadengebirge sinkt die Firngrenze in der Zone reicherer Niederschläge rasch auf 2000 m. An den dem Meere zugekehrten Gebirgsflanken der

Fjordküste von Britisch-Kolumbien steigt sie bis 900 m herab; so wird sie am Mount Elias angegeben. Am Makuschin, dem höchsten Berge von Unalaschka, sind zwischen 900 und 1000 m gemessen worden, aber die Firnflecken steigen bis 465 m herab. In Alaska steigt die Firngrenze offenbar rasch binnenwärts an, während an der Küste die Gletscherenden im Meere ruhen. Auf der Kenai-Halbinsel liegt ein Firnstreif auf dem gegen 1000 m hohen Kamm, von dem Gletscher bis fast zum Meeresrand herabziehen.

In Mittelamerika tragen die Vulkane Fuego (4260 m) und Agua (4120 m) zwar manchmal Schneehauben, aber sie beherbergen keine dauernden Firnlager. Anders in Mexiko, für dessen Hochgipfel, Pik von Orizaba, Popokatepetl und Toluca, A. von Humboldt 4507 m als Firngrenzhöhe bestimmte.

Die jüngste zuverlässige Messung von K. Sapper bestimmt die klimatische Firngrenze am Pik von Orizaba oder Citlaltepetl auf 4600 m, am Popokatepetl auf 4560 m, entfernt sich also nicht sehr weit von der Humboldtschen. Nach den Messungen desselben Forschers liegt die orographische Firngrenze am Nevado von Toluca in 4180 m, am Popokatepetl in 3940 m, am Orizaba in 4200 m.

Beträchtliche Unterschiede zwischen den Nord- und Südabhängen machen sich in der geographischen Breite, in der diese Berge liegen, bereits geltend. Für den Popokatepetl kann 4400 m für die Nordseite angenommen werden; die Südseite aber ist, zum Teil wegen der Steilheit der Wände, großenteils firnfrei. An dem selten besuchten Iztaccihuatl fand Packard nur dünne Firnfelder. Am Popokatepetl liegen vereinzelte Firnflecken 620 m und am Pik von Orizaba 400 m tiefer als die klimatische Firngrenze.

In der Kordillere von Venezuela sah Sievers Firn und Firneis zuerst im Inneren des nach Norden geöffneten und geneigten kraterartigen Thalendes am Fuße der Concha in 4100 m. Die anderen fünf Berge, an denen Firn übersommert, bieten durch ihr Steilheit weniger günstige Formen für Firnlager. „Der Schnee ist nach Aussage aller glaubwürdigen Personen in Merida sowie auch nach dem Zeugnisse derjenigen Leute, welche seit Jahren dort Eis schlagen, im Zurückgehen begriffen; auch liegt die Schneelinie an der Südseite der Sierra Nevada angeblich höher als an der Nordseite.“ (Sievers.) Eine Bemerkung des Petrus Martin Anghiera von 1510, welche erkennen läßt, daß dieser die untere Schneegrenze mit allgemeinen Verhältnissen der Wärmeabnahme in Zusammenhang bringt, enthält die erste Beobachtung über die Firngrenze in Amerika; genaue Beobachtungen sind erst 220 Jahre später durch Bouguer angestellt und dann durch A. von Humboldt und viele andere Forscher wiederholt worden. Bouguer fand, daß der Pichincha (gegen 4800 m) eben die Firngrenze erreiche, und um diese Höhe schwanken denn auch die Beobachtungen der späteren Forscher.

Für den Chimborasso sind etwa 4900 m, für den Cotopaxi 4600—4700 m anzunehmen. Theodor Wolf gibt, wesentlich nach den Beobachtungen von Reiß und Stübel, für Ecuador die Firngrenzhöhen der Westkordillere zu 4740 m, der Ostkordillere zu 4560 m, woraus er die Gesamtzahl 4650 m berechnet. Schwarze hat, mit Hinzuziehung älterer Messungen, für dieselbe Gruppe 4750 m gefunden. Firnflecken (Heleras) gehen in einzelnen Fällen bis 4130 m herab.

In den peruanischen Anden steigt die Firngrenze schon in den nördlicheren Abschnitten bis auf 5000 m und vielleicht etwas darüber in den Gebirgen von Huanuco (10° südl. Breite), sie erhebt sich dann zu 5200 m in den Gebieten südlich von 12° südl. Breite, wo das Andengebirge rasch zu seiner größten Breite anschwillt. Am Illimani liegt die Firngrenze nahe bei 5300 m, und es gibt in diesem Gebiete zahlreiche Berge, deren Gipfel von 5500 bis 5700 m fast firnfrei sind und nur unter orographischer Begünstigung Firn in tiefer liegenden Runsen und Spalten tragen. Einzelne Beobachtungen zeigen in der der trockenen und firnfeindlichen

Wärmestrahlung der Hochebenen am meisten ausgesetzten Westkordillere Firngrenzhöhen von dem abnormen Betrag von mehr als 6000 m. Noch in der Gegend des südlichen Wendekreises ist die Höhe der Firngrenze an den Vulkangipfeln, die bis 6000 m und in einigen Fällen darüber am Rande der trockenen Wüste Atacama aufragen, nicht viel geringer; große zusammenhängende Firnfelder kommen in dem niederschlagsarmen und verdunstungsreichen Klima gar nicht zur Entwickelung, so daß man wohl annehmen darf, die klimatische Firngrenze steige hier nicht unter 6000 m herab. Unter 28° dürfte sie bei 5000 m liegen, unter 30—31° noch zwischen 4900 und 4700 m. Nun tritt aber mit der Änderung des Klimas und der Verschmälerung der Erhebungen zu einem wahren Kettengebirge plötzlich eine Erniedrigung ein. Für die Parallelgrade 31 und 32 gibt Güßfeldt 4200 m an, für 34° 3500 m.

Seitdem man weiß, daß am Aconcagua Gletscher vorkommen, kann man der Mitteilung Darwins, daß nach einem langen trockenen Sommer dieser Riesenberg ganz firnfrei geworden sei, keine Bedeutung mehr beimessen. Dagegen finden wir den Unterschied in der Höhe der Firngrenzen im nördlichen und mittleren Chile gleich ihm „wunderbar", wenn wir auch nicht mehr einen so großen Sprung zwischen Zentral- und Südchile in der Höhe der Firngrenze annehmen wie er.

Bei 35° südl. Breite beginnt die Zunahme der Niederschläge von 500 mm auf 3400 mm in 42° südl. Breite und unter ihnen wieder der Herbst- und Winterniederschläge, endlich Zunahme der bewölkten Tage von Copiapó bis Punta Arenas von 45 auf 216. So beginnt denn mit dem Eintritt in das niederschlagsreichere Gebiet auch die Firngrenze rasch herabzusinken; bei 36° liegt sie in 2600 m. Südlich von 37° ragt der 2710 m hohe Antuco über sie hinaus. Pöppig sagt zwar: „Am Antuco (2710 m) schmilzt im Sommer der Schnee, doch belegt ihn ein vorübergehendes Gewitter auch wohl im warmen Januar mit einer weißen Decke und gibt dem Freunde der Natur Gelegenheit, in diesen undurchforschten Bergen das schöne Phänomen des Alpglühens zu beobachten." Nach anderen Beobachtungen bleibt aber zusammenhängender Firn genug liegen, um eine Firngrenze in wenig über 2000 m Höhe zu bilden. Am Osorno (41° südl. Breite) ist sie auf 1400—1500 m herabgesunken, 1530 m werden für die Firngrenzhöhe der Sierra von Llanquihué angegeben. Auf 1000—1200 m wird sie, wie es scheint noch immer nach den Messungen von King und den Angaben von Darwin, für die Berge angegeben, die sich in den Fjorden der Magalhãesstraße spiegeln.

Die Firngrenze in Afrika, Neuseeland und Australien.

Nicht den Berg, den wir heute Kilimandscharo nennen, sondern seine wie eine weiße Wolke leuchtende Firndecke sah am 11. Mai 1848 der Missionar Rebmann. Von der Decken erreichte 3200 m im Dezember 1862, er maß die Höhe des Berges zu 5703 m (Thomson 5757 m, Johnson 5733 m) und setzte die Firnbedeckung desselben außer Zweifel. 1871 erreichte New bei 4420 m den Firn des Kilimandscharo, und 1885 maß Johnston die Firngrenze an zwei Stellen. Wir wissen nun aus zahlreichen Beobachtungen, unter denen die von Hans Meyer hervorragen, daß Firn den oberen Teil der Kuppe des Kibo das ganze Jahr hindurch mit einem weißen Mantel bedeckt. An anderen Stellen und besonders an den unteren Grenzen ist dieser Firnmantel eine sehr veränderliche Erscheinung. Nach einer Regennacht im Tieflande sieht man den Schnee bis herunter zu 4300 m und auf der Westseite noch etwas tiefer liegen, während am darauffolgenden warmen Tag er sich wieder um 300 m zurückzieht und am Mawensi ganz zu feinen Streifen zwischen den Graten des dunkeln Gesteins zusammenschmilzt. Stanley spricht von den glänzendweißen Höhen des Ruwenfori als einem „Schneekontinent, in dem zahlreiche braune Inseln liegen". Auch hier ragt der Firnmantel auf der Südseite tiefer herab,

Der Mount Cook in Neuseeland.

Nach einer Skizze von Compton.

und man glaubte, in den weiteren Umgebungen des Berges Moränenwälle zu erkennen. Scott Elliot will hier Vergletscherungsspuren bis zu 1600 m herab verfolgt haben, was anzuzweifeln ist. Verschiedene Beobachter stimmen darin überein, daß man in der Regenzeit auf dem Gipfel des großen Kamerunberges häufig Schnee bemerkt habe.

Auf der Südinsel Neuseelands reicht die Firndecke auf der Ostseite bis 2400 m, auf der Westseite bis 2100 m herab; so erklärt sich die Entwickelung mächtiger Gletscher in einem Gebirge von 2500 m Kammhöhe (s. die beigeheftete Tafel „Der Mount Cook in Neuseeland"). In der Kosciuszkogruppe der südostaustralischen Gebirge ließen die Sommerschneefälle im Dezember und Januar das Vorhandensein von Firnflecken in geschützter Lage voraussetzen.

R. von Lendenfeld hat nun dort dauernde Firnflecke auf der Ostseite hart unter der Kammlinie nachgewiesen, die bis zu 2000 m herabsteigen. Nach Lendenfelds Mitteilungen schneit es in diesen Gebirgen, deren höchste Gipfel 2200 m etwas überragen (Mount Townsend in der Kosciuszkogruppe 2240 m), zu allen Jahreszeiten. Der genannte Forscher berichtet: „In Höhen über 1000 m bleibt der Schnee ein oder zwei Monate liegen. Über 2000 m trifft man an geeigneten Stellen zu jeder Jahreszeit, auch im Hochsommer, Schnee an. Vorzüglich dort, wo im Winter mächtige Schneewehen dicht unterhalb der Kammlinie an den östlichen Hängen aufgetürmt werden, finden wir im Sommer langgestreckte Schneebänder, die nie ganz verschwinden sollen."

*
* *

Es möchte scheinen, als werde der Firngrenze (Schneegrenze, Schneelinie) zu viel Wichtigkeit beigelegt. Dieser Schein wäre berechtigt, wenn sie nichts als eine am Gebirge hinziehende Linie wäre, wie man ja nach mancher Definition vermuten möchte. Aber in Wirklichkeit ist sie das Ufer eines gewaltigen Meeres von festem Wasser, das in einigen großen und in zahllosen kleinen Flächen sich in zonenweise verschiedenen Höhen ausbreitet, von großen massigen Zentren um die beiden Pole zu immer kleineren und weiter voneinander getrennten Eis- und Firnflächen gegen den Äquator zu, überall in wärmere Zonen und Tiefen seine Ausläufer sendend.

D. Die Wirkungen der Schneedecke.

Schnee und Erdboden.

Die Sonne erwärmt den nackten Boden; ist dieser aber mit Schnee bedeckt, so findet sie keinen Zutritt, ehe sie den Schnee weggeschmolzen hat. Aber auch die Kälte, die den nackten Boden erstarren macht, in den sie im mittleren Deutschland bis nahezu Metertiefe eindringt, und den sie dann bis zu 5° unter seine mittlere Temperatur abkühlt, läßt hart daneben einen schneebedeckten Abschnitt weich und feucht liegen. Unter tieferen Schneedecken gefriert der Boden bei den tiefsten Kältegraden nicht, die unser Klima aufweist. So gleicht also die Schneedecke die Bodentemperaturen aus, indem sie ähnlich wie eine Wasserhülle wirkt. Wenn das Thermometer ein Minimum von —27° zeigt, ist die Temperatur unter einer Schneedecke von 20 bis 30 cm Dicke +0,3° und in Metertiefe +5°. Unter einer mäßigen Schneedecke ist der Boden höchstens halb so tief gefroren wie dort, wo er bloßliegt. Fluß- und Seeeis wird weniger dick unter einer Schneedecke. Die Schneedecke hemmt die unmittelbare Ausstrahlung der Erde in den Weltraum stärker als die Verhüllung durch den Pflanzenwuchs. Rein mechanisch wirkt der

Schnee noch als Decke auf den Boden, über den er hingebreitet ist, indem er ihn gegen den Wind schützt, der einzelne Teile desselben fortzuführen strebt. Auch gegen die Wunden, die der Steinfall schlägt, schützt ihn die Schneedecke. Und dabei trägt die von ihr ausgehende Durchfeuchtung zusammen mit dem Druck zur Befestigung bei. Durch den Schutz, den er dem Boden gewährt, begünstigt der Schnee die Humusbildung, und man muß die Humusarmut des Bodens trockener Länder auch auf den Mangel oder die geringe Dauer der Schneedecke zurückführen.

Eine Erfahrung, wie die des Jahres 1817, wo der Schnee noch im Mai 3 m tief auf den Alpwiesen über Bayrisch-Zell lag und aller Anbau um 4 Wochen verzögert wurde, worauf aber bei rasch eintretender Wärme ein Wachstum einsetzte, wie man es seit 5 Jahren nicht erlebt hatte und alle Früchte herrlich gediehen, ist in der Bauernregel niedergelegt: Schnee düngt.

Der Schnee und die Humusbildung.

Alter Schnee ist an der Oberfläche und an der Unterseite graulich bis bräunlich gefärbt. Das ist der Staub, der zum Teil mit dem Schnee gefallen, zum Teil später über ihn hingeweht ist. Gröbere Gesteinsbruchstücke bleiben an der Oberfläche liegen, während die feinsten mit dem Schmelzwasser durch den Firn durchsickern und sich an dessen Unterseite als ein höchst zarter, samtartig sich anfühlender Schlamm absetzen. Je mehr der Schnee abschmilzt und in Firn übergeht, um so dichter sammelt sich der Staub auf beiden Flächen an. An der Unterseite, die durch Boden- und Luftwärme muschelig abschmilzt, bildet er oft einen vollständigen Überzug. Auf der Oberfläche aber setzt er sich mit Vorliebe in den Kanten der beckenförmigen Schmelzmulden ab. Daher aus einiger Entfernung der Anschein querverlaufender Schmutzstreifen, die von strahlenförmig nach unten ziehenden geschnitten werden, hervorgerufen durch die Verschmelzung der erhöhten Ränder dieser Schmelzmulden. Ein Firnfeld, das am Rande stark abschmilzt, setzt von Strecke zu Strecke den zusammengedrängten Staub in Häufchen ab, die in Größe und Form an die Kothäufchen der Regenwürmer erinnern. Helle Kalksteine, über denen Firnflecken abschmelzen, sieht man mit dunkeln Flecken und Häufchen schwarzen feinen Schlammes übersät. Wo ein Firnfleck unmittelbar dem bewachsenen Boden aufliegt, legt sich das Schneesediment diesem dicht an, man erkennt es an dem einem feinen Filz zu vergleichenden Überzug von halbverwesten organischen Fasern und herbstlichen Spinnweben, die der Firn zurückgelassen hat.

Schnee- und Firnlager von längerer Dauer bereichern also den Boden, dem sie aufliegen, mit feinzerteilten Massen, die einen über die gewöhnliche Zusammensetzung des Humusbodens hinausgehenden Anteil organischer Stoffe enthalten. Es ist klar, daß da, wo kein Schnee, kein Firn liegt, gerade diese feineren, staubartigen Massen viel schwerer zur Ruhe kommen würden, wenn es ihnen überhaupt gelänge, Boden zu fassen.

Der Schlamm von der Unterseite eines Firngewölbes im Karwendelgebirge, der unter dem Vergrößerungsglas dunkle und helle Mineralteilchen, Algenzellen, Pollenkörner von Koniferen und sehr kleine Gewebsfragmente pflanzlichen Ursprunges umschloß, enthielt 74 Prozent unorganische und 26 Prozent organische Bestandteile. Eine Probe der vorhin genannten Schlammhäufchen vom Rand eines stark schmelzenden Firnfleckes am Hochglück (Karwendel) ergab 24 Prozent organische und 76 Prozent unorganische Bestandteile. Man sieht, wie berechtigt jenes oberbayrische Bauernsprichwort ist. Das Hinaufreichen des Humusbodens und des Pflanzenwuchses im Hochgebirge hängt mit dieser festhaltenden, auslaugenden und verteilenden Wirkung des Schnees auf den atmosphärischen Staub eng zusammen. — Im Schnee der Steppe kommt Salz vor, das Woeikof den phantastischen Gedanken eingegeben hat, daß diese „Kältemischung" zur Erniedrigung der Lufttemperatur wesentlich beitragen könnte. Stoliczka und Trotter beobachteten einen starken Einfluß der Salzhaltigkeit des Bodens auf die Schneeschmelze: wo der Boden salzig ist, schmilzt der Schnee schneller, wo fließendes Wasser den Boden

ausgelaugt hat, bleibt der Schnee länger liegen. Grober Schutt wirkt erhaltend auf den Schnee, Staub befördert die Abschmelzung. Die Bauern von Chamonix streuen den dunkeln Schiefersand der Arve auf den Frühlingsschnee, um seine Abschmelzung zu beschleunigen.

Man findet in dem von Firnflecken ausgesonderten Schlamm als organische Bestandteile Bruchstücke von Föhrennadeln, Alpenrosenblättern, Rinde, Harz, Holz, Bast, Moosblättchen, einzellige Algen, Pilzfäden, Pollenkörner, kleine Samenkörnchen, Tierhaare, Reste der Flügeldecken von Käfern, Tracheen und andere Gewebteile von Insekten. Die unorganischen Bestandteile setzen sich in den Kalkalpen aus Kalksplitterchen, Kalkspatteilchen und verhältnismäßig erheblichen Mengen von Eisenoxyd nebst kleineren Beimengungen von Eisenoxydul und Kieselsäure zusammen. Es kann angenommen werden, daß ein kleiner Firnfleck von 1000 cbm in 1800—2200 m Höhe beim Abschmelzen mehr als 1 kg feste Bestandteile in feinster Form zurückläßt, wovon ein Fünftel und mehr organischer Natur.

Wenn in der Ablagerung des groben Gesteinsschuttes der Firnfleck die Aufgabe löst, die von ihm bedeckte Fläche von Schutt freizuhalten und zugleich dazu beizutragen, daß der größere Teil des letzteren über die Grenze des von Firn bedeckten Raumes hinaustransportiert wird, so verhalten sich gegenüber Staub und anderem feinen Niederschlagsmaterial Schnee und Firn bei dauernder und auch nur vorübergehender Bedeckung einer Bodenfläche entgegengesetzt. Diesen Staub halten sie fest und bereichern damit den Boden, auf dem sie ruhen, und den ihrer nächsten Umgebung. Daher zeigen auf den Alpenwiesen die eben vom Winterschnee befreiten Rasenflächen ein besonders üppiges Wachstum; die von den Firnflecken am längsten bedeckten „Schneelahner" tragen im Sommer das besonders lang und weich wachsende Lahnergras.

Zum Schluß wollen wir nicht vergessen, daß Schnee sehr stark auslaugend auf organische und unorganische Stoffe wirkt. Einen Erdhügel, einen Baumstumpf, einen Haufen modernder Blätter von allen Seiten, besonders auch von obenher umgebend, vor Zersetzung und Verdunstung schützend, anfeuchtend, mit seinem Schmelzwasser langsam eindringend und durchsickernd, nimmt Schnee viel mehr lösliche Bestandteile in sich auf als gewöhnliches Regenwasser und verdunstet viel langsamer.

Roter Schnee.

Der sogenannte rote Schnee, der seine Farbe den Schneealgen, Sphaerella oder Protococcus, verdankt, ist weit verbreitet. Er gibt seine Farbe allerdings oft erst dann deutlich zu erkennen, wenn unsere Tritte ihn zusammengepreßt und die Farbe gleichsam verdichtet haben. Bei näherer Betrachtung gewinnt man dann den Eindruck, als ob Staub von roten Ziegeln durch die Masse zerstreut sei. Hat man die Erscheinung einmal gesehen, dann begegnet man ihr sehr häufig, und man kann dann in ausgedehnten Firngebieten der Alpen keinen Tag wandern, ohne Felder roten Schnees zu überschreiten. Sie ist häufiger, als man glaubt, und würde, systematisch erforscht, wie es in Skandinavien geschehen, wahrscheinlich sowohl eine größere Zahl von besonderen Lebensformen als auch eine größere Bedeutung für die Bodenbildung erkennen lassen. In anderen Gebirgen ist der rote Schnee vielleicht nicht so häufig; so scheint er in den Pyrenäen weniger bekannt zu sein. Minder leicht kenntlich ist der sogenannte graue Schnee, der einer Varietät der roten Schneealge seine graue und graubraue Färbung dankt. Die rote Färbung der Gletscherflöhe, der man manchmal begegnet, deutet wohl auf Ernährung mit Protococcus. Wovon aber die Millionen kleinen Dipteren sich nähren, die den frischen Hochschnee nicht bloß an der Oberfläche, sondern auch in der obersten Schicht beleben, konnte ich nie erfahren. Schmelzwasser von rotem Schnee, das ich analysieren ließ, enthielt 0,05 Prozent feste Bestandteile, davon 58 Prozent organischer Natur. An der von Schlamm bräunlichen Unterseite schmelzender Firnflecken sitzen öfters Nacktschnecken und kleine Schalenschnecken, welche in der „Fauna der Firnflecken" nicht vergessen sein mögen.

Einfluß der Firnflecken auf die Schuttlagerung.

Jede Schneedecke wirkt ausgleichend auf die Schuttlagerung im Gebirge (s. Bd. I, S. 479 und die Abbildung, S. 480), indem sie, allmählich erhärtend, glatte schiefe Ebenen bildet, auf denen kantige Gesteinsbrocken leichter abrollen. Bleiben diese im Schnee stecken, so treten sie zu irgend einer Zeit bei der Abschmelzung wieder heraus und finden noch leichter ihren Weg zum Rande des Firnflecks. Dabei rollen wie auf anderen schiefen Ebenen die größten Blöcke am weitesten, und man erkennt eine Abnahme der Größe der Schuttblöcke von außen nach innen. Auf diese Art sammelt sich am unteren Rand und an den Flanken des Firnflecks Schutt zu Wällen, die man Firnmoränen nennen mag. Gleich den Moränen eines Gletschers enthalten sie ein buntes Gemenge gröberen und feineren Schuttes, an dessen steilerer Innenseite jedoch eine Neigung zu Terrassenbildung leicht zu erkennen ist, was dem Verweilen des Firnes in einer bestimmten Höhe entspricht. Schmilzt nun der Firnfleck im Sommer ab, so bleibt dieser Schuttwall frei liegen, wie die Moräne eines zurückgegangenen Gletschers. Als Schneemoränen hat man auch in Island mit großer Wahrscheinlichkeit hügelförmige Anhäufungen lockerer, tuffartiger Massen in alten Vulkankratern bezeichnet, die sich am Fuß des ungleichmäßig abschmelzenden Schneefeldes des Kraters mit der Zeit aus herabgeführten Massen angesammelt haben. Scheinbare Schuttwälle, die in Wirklichkeit Eisbuckel mit Schutthülle sind, kommen hier wie auch sonst auf größeren Firnflecken und auf Gehängegletschern häufig vor. Sie halten oft größere Steinblöcke fest, die ihrerseits wieder zur Stütze für nachfallenden Schutt dienen; da sie zugleich Wasser stauen, befördern sie den Zerfall und die Verflüssigung des Schuttes.

Das Material solchen Firnschuttes ist von der Schuttbedeckung des übrigen Thalhintergrundes wesentlich verschieden, wiewohl beide ineinander übergehen. Es ist feiner, weil es reicher an den Zerfallprodukten des Gesteines ist. Die Ursache hiervon liegt einmal in der vorherigen Zubereitung des Schuttes, der von den höheren Teilen der aus einem Kahr aufsteigenden Gebirgswände herabkommt, und zum anderen in der langdauernden Einwirkung der Feuchtigkeit auf den Schutt, die man geradezu als eine Maceration bezeichnen kann. In der Regel ist der Firnfleck, der im Hintergrund eines Thales zwischen Felsvorsprüngen liegt, nicht allein, über ihm folgen in der Fortsetzung seiner Rinne noch andere, und die ganze Kette ist durch kalte Schmelzbäche verbunden, die von den obersten bis zu den untersten rinnen oder tröpfeln; durch sie wird auch der Schutt von einem zum anderen geschoben oder geflößt. So wie Gehängegletscher außerordentlich oft mit Schutthalden tieferer Lage verbunden sind, in welche die Stirnmoräne ihre vordersten Schuttmassen abstürzen läßt, so liegen auch Firnflecken oft hart über Steilabstürzen, über die ihr Schutt, sich selbst zertrümmernd, zur Tiefe abrollt.

Ein grauer Schuttwall, in der Mitte tief eingeschnitten und eine Firnmasse bergend, unter der das Wasser fröhlich fortrieselt, die dem Firn und dem Wasser zugewandten Wände bräunlich, in der Tiefe feucht und von kleinerem Korn: das ist das immer wiederkehrende Bild im Hintergrund großer Schuttkahre. Die Farbenunterschiede, die wir andeuteten, gehören der inneren Zersetzung dieser Schuttmassen an. Zu den hydrographischen Merkmalen der Firnflecken gehört die gründliche Durchfeuchtung der tiefer gelegenen Schuttmassen. Die Schuttwälle, die sich in der Regel zu beiden Seiten der Ausläufer eines Firnflecks aufbauen, sind im Anbruch immer dunkel von Feuchtigkeit, und man erkennt tief liegende Firnflecken oft an dieser Farbe, die sie ihrer Umgebung mitteilen, ehe man sie selber gesehen. Wenn die Stellen, wo sonst am Oberrand der Schutthalden Firnflecken liegen, sich durch helleres Braun vom Reste auszeichnen, so führt das auf ihre Kahlheit zurück.

Wo Steppenstürme Staub über schneebedeckte Flächen hintreiben, wird dieser vom Schnee festgehalten und weiterer Bewegung entzogen. Schmilzt der Schnee, so sinkt mit ihm der Staub

zu Boden. Wiederholung solchen Vorganges kann eine dünne Schichtung bewirken, wie wir sie oft im Löß wahrnehmen. Daß in dieser Weise Schnee an der Lößbildung seinen Anteil gehabt hat, ist nicht zu bezweifeln.

Von ungewöhnlichem Einfluß auf die Bodengestalt werden Schnee und Eis, wie überall, wo sie sich massenhaft, dauernd und in wohlumgrenzter Form ansammeln, auch in den mächtigen Sand-, Schlamm- und Thonanhäufungen des mittleren und nördlichen Rußland durch die Ausfüllung der Bodenspalten, die sich im Kontrast ausdörrender Sommerhitze und Schnee und Eis zusammenhäufender Winterkälte entwickeln. In diese Bodenspalten (Owrage) legen sich die Schneemassen, welche verfirnen und vereisen und, wenn sie im Frühjahr schmelzen, den Hohlraum vergrößern und denselben, wenn er nach einem Thale ausmündet, zur Schlucht umgestalten, in der mit dem Schneewasser Sand und Schlamm nach den tieferen Teilen hinabgeführt werden. Im Sommer trocken liegend, werden sie im Frühling durch das von den Hügeln herabkommende Schmelzwasser, das sich mit den in diesen Schluchten zusammengewehten Schneemassen verbindet, in Betten reißender Bäche verwandelt, deren Hintergrund ein Wasserfall immer weiter zurückschiebt.

Schnee, Quellen und Flüsse.

Jede Form festen Wassers ist immer zugleich eine Quelle flüssigen Wassers. So ist auch besonders die weitverbreitete und sich oft erneuernde Schneedecke wichtig für Quellen und Flüsse, für Wasserfülle und -überfülle. Wie eine Hemmung liegt sie zwischen den Wolken und den Flüssen. Wo diese erhaltungsfähigere Form des Wassers reichlich ist, braucht man keinen Wassermangel zu fürchten. Es ist aber auch eine alte Erfahrung, daß, solange im Gebirge die Schneedecke nicht bis auf einen dünnen Rest fast ganz verschwunden ist, Hochwässer und Überschwemmungen noch immer zu fürchten bleiben. Für Flüsse aus schneereichen Gebirgen ist langsames Anschwellen im Frühling Regel, darauf langsames Zunehmen zu einem Höchststand, an dem die Sommerniederschläge stark beteiligt sind; gelegentliche Schneefälle, die im Gebirge bis in den Frühsommer hinein vorkommen, wirken als willkommene Mäßiger der Wasserstände, besonders wenn sie mit Regen im Thal verbunden sind. Im Hochgebirge sind überhaupt nicht die Schneeschmelzen, sondern die Sommergewitter am meisten als Verursacher von Wildbachausbrüchen gefürchtet. Treten nicht sehr ausgiebige Gewitterregengüsse ein, so kann sich das Schmelzen und Verdunsten des Schnees sogar ohne wesentliche Schwankung des Wasserstandes vollziehen. Umgekehrt bringen warme Regen nach Schnee die gefürchtetsten Winterhochwässer hervor, die noch stärker werden, wenn das Tauwetter bei gefrorenem Boden eintritt.

Im oberen Rhein fließt am wenigsten Wasser im Februar, wiewohl zu dieser Zeit in seinem Gebiet die Niederschläge zunehmen. Die Quellen sind jetzt am schwächsten, und in den Bergen fallen die Niederschläge vorwiegend in fester Form. Kommen sie auch flüssig hernieder, so bringen sie doch selten bis zum Boden vor, sondern tragen zunächst nur zur Verdichtung und Verfirnung der winterlichen Schneedecke bei. Im März langsame Zunahme, die kräftiger im Mai wird, obgleich die Niederschläge nur wenig zugenommen haben: der Mai ist der Monat der ausgiebigsten Schneeschmelze, die den Sommer hindurch sich immer weiter in die Höhen hinaufzieht. Mit dem August fällt mit dem Rückgang der Niederschläge und dem geringeren Ertrag der Schneeschmelze der Wasserstand, um mit den vermehrten Herbstniederschlägen bis zu einem zweiten Hochstand im November zu steigen. In überraschender Weise durchbricht diesen Gang manchmal die Wärmeumkehr im Gebirge, von der wir im klimatischen Abschnitt zu sprechen haben werden. 1885 beobachtete man in Partenkirchen die Partnach schon bei —4° voll Schneewasser, erst 30 Stunden später erschien das Tauwetter im Thal. Dabei kann die Wärmeumkehr dermaßen örtlich beschränkt eintreten, daß, wenn Tauwetter an der Zugspitze und im Rainthal früher begann als an der

Upsspitze, die Partnach trüb und angeschwollen heranbrauste, während die Loisach vor ihrer Vereinigung mit jener noch klar und klein war.

Natürlich hängt der Einfluß der Schneedecke auf die Wasserstände auch von der Bodenbeschaffenheit und Pflanzendecke ab. Zunächst macht sich in unseren Gebirgen die Lage dadurch geltend, daß der Schnee früher auf den Hängen nach Süden und Westen als auf denen nach Norden und Osten abgeht. Thonboden erleichtert, Sand- und Geröllboden verzögert den Abfluß, Wald und Moos nehmen viel Wasser auf, Felsboden läßt es abfließen. Es ist eine wichtige Sache in der Ökonomie des flüssigen Wassers, daß es in Höhen, von denen es sich entfernen, herabrinnen müßte, durch Firn und Eis ersetzt wird. In jedem Gebirge, das die Firngrenze überragt, bilden Firnflecken und ausgedehnte Firn- und Eisdecken eine Zone festen Wassers über der Zone des flüssigen. Äußerlichkeiten, wie der Zusammenhang zwischen Wasser- und Eisströmen, und selbst so kleine Dinge, wie die im auffallenden Lichte bis zur Verwechselung große Ähnlichkeit kleiner Firnflecken, die in grubenförmigen Vertiefungen liegen, mit den sogenannten Meeraugen, den runden, in trichterförmigen Gruben ruhenden Miniaturseen, zeigen, wie hier die eine Form des Wassers die andere ersetzt. In Eishöhlen und dem Schneereste tiefer Karrenfeldschächte liegt ein Vorrat festen Wassers ebenso unsichtbar wie das Quellgeäder des flüssigen; erst wenn aus einer Felsenspalte zwischen braungrünen Moospolstern eine Quelle von 1—2° heraustritt, ahnen wir ein verborgenes Lager festen Wassers. Wie manches Schuttkahr in Kalkgebirgen wäre wasserlos, wenn nicht Firnflecken für einen nicht allzu rasch versickernden und verdunstenden Vorrat sorgten. Bei so inniger Verbindung der Firnflecken und der Quellen erscheinen jene als eine ebenso notwendige Voraussetzung der letzteren wie der Gletscher für den Schmelzbach und überhaupt für die dauernde Wasserführung vieler Gebirgswässer. Diese Bedeutung tritt vorzüglich in den schuttreichen Thalanfängen hervor, wo jeder freie Wassertropfen sofort in die Tiefe sinkt, um sich mit anderen zu Quellen zu vereinigen, die mächtig am Fuße des durchlässigen Gesteines hervortreten. Über ihnen ist Wasserarmut, bis man zu den Firnflecken kommt, an deren unterem Rande zuerst wieder Wasser in sichtbarer Menge erscheint. So vertreten sie Quellen, die nicht vorhanden sein würden, wenn nicht Wasser in fester Form gegeben wäre. Mit diesen Quellen rückt Vegetation und Humusbildung in Höhen vor, die hier sonst leer sein würden. Selbst der Baumwuchs tritt in der Höhenzone der Firnflecken wieder auf, nachdem er in der wasserlosen Schutthalde ausgeblieben war.

Temperatur und Wassermenge der Quellen sind um so abhängiger vom festen Niederschlag, je höher man im Gebirge sich erhebt. Die Wassermenge wird zum Produkt aus Temperatur und Schneemenge, die Quellentemperatur wird in auffallender Weise durch jede Schneeschmelze beeinflußt. Man findet immer weniger Quellen, die vertrocknen, nachdem der letzte Schnee geschmolzen ist; denn sobald eine Quelle mit ihren äußersten Saugadern bis in die Höhe hinaufreicht, wo Schnee übersommert, wird sie höchstens versiegen, wenn alles wieder zugeschneit und gefroren ist.

Eine am Wendelstein in 1724 m liegende Quelle zeigte nach Messungen im Jahre 1886 im Januar 1,6—2,1°, im Februar 1,3—2,5°, im März 4,9°, im April 1,0—1,7°, im Mai 1,4—8,2°, im Juni 2,2—8,7°, im Juli schwankte sie um 8°. Die Wassermasse wächst hier bei der Schneeschmelze auf das Dreißigfache, und auf jeden starken Schneefall folgt im Frühling und Herbst ein Sinken der Quelltemperatur und eine Zunahme der Wassermenge beim Eintritte des Tauwetters. Erst als der Schnee Ende Juni weggeschmolzen war, stieg ihre Temperatur bis zur Höhe der Thalquellen und blieb über der Stufe von 7° bis zum Eintritt des ersten echten Schneemonates dieser Höhen, des Oktober. Der Vergleich dieser Quelle, deren Einzugsgebiet im Sommer schneefrei wird, mit solchen, die dauernd von Firnflecken genährt werden, zeigt, daß die letzteren auch im Sommer unter dem Einfluß des Firnschmelzwassers bleiben. Zu den

bezeichnenden Eigenschaften derselben Quellen gehört auch ihre geringe tägliche Veränderlichkeit. Christian Gruber maß die fünf Quellen des unteren Kälberalmbachs im Karwendelgebirge, die hart bei einander unter moosbewachsenen, braunen Felshalden am Fuß einer großen, gegen die Großlahnspitze hinaufziehenden Schuttansammlung stark sinternd hervorbrechen. Die erste Messung am 15. August nachmittags 2 Uhr zeigte in den fünf Quellen 3,7, 3,7, 3,6, 3,6, 3,9° C. bei 14° Lufttemperatur 1 m über dem Wasser. Die Messungen wurden stündlich wiederholt. Sie zeigten um 6 Uhr nachmittags 3,6, 3,7, 3,6, 3,6, 3,7 bei 12,5°, um 8 Uhr nachmittags 3,5, 3,5, 3,5, 3,3, 3,5 bei 10,6° Lufttemperatur. Am 16. August zeigten sie morgens 5 Uhr 3,3, 3,3, 3,2, 3,3, 3,4 bei 8,6° Lufttemperatur, mittags 12 Uhr 3,6, 3,6, 3,5, 3,6, 3,8 bei 13,4°, um 2 Uhr nachmittags 3,7, 3,7, 3,5, 3,6, 3,8, bei 13,5°, um 7 Uhr nachmittags 3,6, 3,5, 3,6, 3,5, 3,7°.

Die Schneedecke hemmt nicht nur den raschen Ablauf des Schmelzwassers, sie verzögert auch die Verdunstung und befördert damit die Feuchtigkeit des Bodens. Schneebedeckter Boden bleibt länger feucht als der unbedeckte nackte und als der mit hohen oder niederen Pflanzen bewachsene. Der Wechsel lockerer und festerer Schichten in ihm macht ihn zu einer gerade auch in dieser Beziehung besonders wirksamen Decke. Nach Pfaffs Untersuchungen gelangen in die gleiche Tiefe des Bodens im Winter mindestens drei Viertel der Niederschläge, im Sommer nur 7 bis 18 Prozent derselben. Im Winter trocknet der Boden tiefer als ein paar Zoll nie ganz aus. Das hängt zum Teil von der Entblößung des winterlichen Bodens ab. Woldrich hat nachgewiesen, daß Schneeschmelzwasser bei vollendeter Schneeschmelze viel rascher in Boden eindringt, der von Graswuchs entblößt ist, als in grasbewachsenen, und auch tiefer in jenem Boden nachdringt.

Natürlich hängt der Wert der verschiedenen Formen des festen Wassers für die Bewässerung von ihrer Dichtigkeit ab. Frischer Schnee, der zwölfmal leichter als Wasser ist, gibt wenig aus, und ebenso ist der Wert des Gletschers hydrographisch um so viel größer als der des Firnes, als seine Dichtigkeit derjenigen des flüssigen Wassers näherkommt. Dagegen hat der lockere Schnee die günstige Eigenschaft, sehr viel Regen- und Schmelzwasser in sich aufzunehmen.

Im *Steppengebiet des Nordwestens von Nordamerika*, wo entschieden die Winterniederschläge überwiegen und der Sommer höchst niederschlagsarm ist — im östlichen Oregon und in Idaho durchschnittlich zwei Drittel der Niederschläge von November bis März, und nicht 6 Prozent von Juli bis September — während zugleich die Niederschläge überall mit der Höhe zunehmen, hat die Schneedecke natürlich eine wichtige Aufgabe. Ja, man kann sagen, in der Verwertung der Niederschläge des Winters und der Berge liegt zum großen Teil die Zukunft der Bodenkultur und Besiedelung des dürren Westens. Da gerade in die regenärmste, oft regenlose Zeit der „kritischen“ Hochsommerwochen die Reifezeit der Feldfrüchte fällt, kommen praktisch in dem Gebiete der künstlichen Bewässerung am meisten die langsam abschmelzenden Vorräte der Winter- und Frühlingsniederschläge in Betracht. Nicht nur für die Füllung der Bewässerungskanäle, sondern auch für die der natürlichen Wasserläufe sind sie oft ausschlaggebend. Die Ströme Wyomings und Montanas bewegen im Mai und Juni fast die Hälfte ihrer Wassermassen. Die Höchstständе der Flüsse fallen durchschnittlich 3 Monate nach dem Höhepunkt der Niederschläge. Die Wasserläufe Nevadas führen drei Viertel ihrer durchschnittlichen Wassermenge in den Monaten April bis Juni, während nahezu zwei Drittel der Niederschlagsmengen vom November bis März fallen; Humboldtfluß, Truckee, Carson und Walker, welche die ganze natürliche Bewässerung des Staates ausmachen, sinken von August an bis zur völligen Trockenheit. Es ist nun klar, daß für den Ackerbauer und Viehzüchter, die zwischen dem 31. und 47. Breitengrad auf künstliche Bewässerung angewiesen sind, die festen Niederschläge der Gebirge von größerer Bedeutung sind als die Regengüsse, die in der trockenen Zeit fast ganz aufgesogen werden, so daß sie nur vorübergehend die Gräben füllen, weshalb diese auch nicht so sehr vom Regen- als vom Schneeschmelzwasser ausgehöhlt sein dürften. Der Farmer kümmert sich nicht viel um den Regen, beobachtet aber den Schnee um so mehr. Tritt früh warmes Wetter ein, so werden die Bäche früher trocken liegen, als wenn ein kühler Frühsommer den Schnee tief ins Jahr hinein konserviert. Aus der Höhe des Winterschnees schließt er auf die Größe der Fläche, die er in diesem Jahre bewässern wird. Die Gebirge erweisen sich aber als sehr verschieden geartet für die Zwecke der künstlichen Bewässerung. Die Flüsse bringen aus den geringeren Erhebungen der Blue, Wahsatch, Bitterroot Mountains, der

vereinzelten Gebirge Neumexikos das Wasser früher als von den höheren Bergen der Felsengebirge. Die Farmer halten auch Frühwinterschnee, der dicht verfirnt, für besser als Spät- oder Frühjahrsschnee, der minder ausgiebig ist; Frühwinterschnee hindert die späteren Schneefälle, ihr Schmelzwasser rasch dem Boden zu übergeben, und trägt so zur Erhaltung einer größeren Wassermasse bei. Endlich hält man auch Schnee, der auf trockenen Boden gefallen ist, den seine Feuchtigkeit sättigt, für besser als Schneefall auf gefrorenen Boden. Man schätzt auch die Verzögerung der Schneeschmelze durch den Wald und meint in Montana, wo die Bergwerksindustrie dem Wald schwer zugesetzt hat, einen rascheren Ablauf der Schneeschmelzwässer bereits beobachten zu können.

Der Schnee und die Luftwärme.

Die Schneedecke hemmt den Austausch zwischen dem Boden, der im Dezember in geringer Tiefe immer noch wärmer ist als die Luft, und setzt an dessen Stelle die Ausstrahlung, die besonders bei hellem Wetter sehr wirksam ist und unter günstigen örtlichen Verhältnissen sehr tiefe Kälteminima hervorruft. Sie absorbiert gewaltige Wärmemengen in der Arbeit des Schmelzens und der Verdunstung. Aßman hat die zur Schmelzung von 240,000 Millionen Zentner Schnee, die vom 19. bis 22. Dezember in Deutschland fielen, erforderliche Wärme auf 960 Billionen Kalorien veranschlagt. Solange Schnee liegt, wird Sonnenwärme zur Schmelzarbeit verbraucht, daher in schneereichen Ländern die Verzögerung des Frühlings; daher auch die Abkühlung des Waldklimas, wo der Schatten des Waldes die Schneeschmelze verzögert. Infolge dieses Wärmeverbrauchs ist unser Winter keine unmittelbare Folge des Tiefstandes der Sonne und der geringeren Wärmemenge, die bei kleinerem Tagbogen und geringerer Höhe der Erde zu teil wird.

Seitdem Woeikof bei dem auffallend milden Frühwinter von 1877 im östlichen Rußland den Einfluß der schwachen Schneedecke vermutet hatte, kamen zahlreiche Beobachter zu dem Schluß, daß der Schneedecke ein starker Einfluß auf die Winterkälte zukomme. Man fand im Winter 1879/80, daß die Kälte erst von dem Tage an intensiv wurde, an welchem die Schneelage, eine Folge der Depression vom 4. zum 5. Dezember, welche von Frankreich bis Rußland einen Schneesturm erzeugte, sich über den Boden gebreitet hatte. Unter gleicher atmosphärischer Konstellation war im Januar die Kälte dort geringer, wo das milde Wetter Ende 1879 den Schnee beseitigt hatte. Zurückblickend sah man gewaltigen Schneefällen im Februar 1875 in den Ostalpen eine abnorm tiefe Kälte folgen mit —21,5° noch am 21. Februar in Cilli. In dem gleichen Jahr hatte Nordamerika ein spätes Frühjahr, in dem starken Schneefällen noch in der Mitte des April ein Kälterückfall auf — 11° in Michigan folgte.

In der Nacht vom 6. zum 7. Januar 1886 war in dem Gebiete etwas südlich der Aller und mittleren Elbe und nördlich des Thüringer Waldes ein starker Schneefall eingetreten, auf den ein sehr hoher Barometerstand mit klarem Himmel und in der Nacht vom 7. zum 8. Januar ein Sinken der Temperatur auf —25° im Mittelpunkt und —15° am Rande des Gebietes folgte.

Zu den Ursachen der abnormen Kälte hochgelegener, eingeschlossener Gebirgsthäler, wie z. B. des Lungau, des Klagenfurter Beckens und ähnlicher, gehört stets auch die ausstrahlende Schneedecke, deren Wirkung in der stagnierend ruhigen Luft doppelt stark ist. Diese Ruhe ist aber ihrerseits wieder eine Folge der Umbildung des verschieden gearteten Bodens in eine kalte Fläche. Denn indem der Schnee eine mehr oder weniger ausgedehnte Fläche in die gleiche Lage versetzt, fördert er die Gleichmäßigkeit des Klimas.

Das eigentümliche windstille, sonnige Wetter im Hochthälern, wie dem von Davos, beginnt mit der vollständigen Schneebedeckung der Berge des Prättigau und hört mit der Schneeschmelze auf. Ihm ist das kalte, windige Sommerklima desselben Thales sehr unähnlich; das Winterklima ist so gleichmäßig, wie die Schneedecke einförmig und von gleicher Temperatur ist.

Daß eine früh gebildete Schneedecke von langer Dauer die Winterkälte tiefer sinken lasse, ist ein Satz der praktischen Erfahrung, dessen sich die Wissenschaft noch nicht bemächtigt zu haben schien, als sie bereits erkannt hatte, wieviel vom kalten Winter und Frühling des östlichen Nordamerika der Thatsache zuzurechnen sei, „daß unter dem Einfluß der intensiven Kälte des Januar das durch Meeresbuchten, Meeresengen und große Süßwasserspiegel mannigfach gegliederte Nordamerika zu einem großenteils mit Eis bedeckten Kontinent sich zusammenfügt" (Dove). Und doch verwandelt ein schneereicher Winter auch Mitteleuropa in ein von einem Ende zum anderen eisbedecktes Land und bietet eine Ausstrahlungsfläche von —15°, wenn der gefrorene Erdboden unter ihr —3 bis —5° mißt, während zugleich Hoch- und Tieflandklima mit Hilfe dieser Bedeckung sich einander nähern und die Wärmeabnahme mit der Höhe ihr Dezember- und Januarminimum findet. Der Einfluß der Schneedecke tritt demnach als ein neuer Faktor in den klimatischen Prozeß ein, sobald sie dauernd geworden ist. Und gerade aus der Dauer der Schneeverhüllung eines so großen Stückes Erde ergeben sich wichtige klimatologische Erscheinungen.

Schnee und Pflanzenwuchs.

Zwischen den Erdboden und die Luft als eine Hülle sich legend, die Frost und Sonne und starke Temperaturwechsel abhält, schafft die Schneedecke einen Schutz, der in erster Linie den Pflanzen zu gute kommt. Je lockerer der Schnee, desto schwächer ist seine Wärmeleitung, desto feuchter erhält er den Boden und schützt ihn vor Gefrieren und plötzlichem Auftauen. Da schon bei +1° die organische Thätigkeit der Zelle sich regt, Samen von +1,5° an keimen, gibt es unter der Schneedecke in unserem Klima nur kurze Perioden der Erstarrung; im ganzen gibt sich unsere Vegetation unter diesem Schutze kaum je der Ruhe hin: wie Wasserpflanzen grünen unter der Wasserhülle des Schnees einjährige Pflanzen fort. Andere, namentlich in dichten Wäldern, blühen selbst auf gefrorenem Boden, Helleborus nigra, die Christwurz, sogar mit gefrorenen Wurzeln. Der Schnee hält aber auch von zu raschem Fortschreiten der Vegetation zurück, das sie den spät noch wiederkehrenden Frösten — wir haben selbst in Mitteldeutschland auch Junifröste — ausliefern würde. Schnee ist der Beschützer der Wintersaat unserer Landwirte. Ohne die Schneefälle würden die phänologischen Wirkungen milder Winter viel schroffer hervortreten; sie sind gerade durch die ausgleichende Wirkung des Schnees vergleichsweise gering und erfahren keinen allzu starken Rückschlag durch den kalten Frühling, der häufig dem warmen Winter folgt. Der Einfluß der Schneedecke auf die überwinternden Pflanzen liegt überhaupt weniger in dem Schutz gegen Frost als gegen rasches Auftauen. Selbst Palmen, die bei —20° vollständig durchgefroren waren, konnten durch langsames Auftauen gerettet werden. Schneebedeckung ist auch für unsere Gartenpflanzen ein viel wirksamerer Schutz als Stroh-, Matten- und ähnliche Umhüllungen, zumal sie auch Fäulnis nicht so leicht aufkommen läßt. Und man hat einen jener merkwürdigen Fälle, in denen die Natur voll Voraussicht scheint, darin zu sehen, daß große Kälte so oft erst eintritt, wenn Schnee gefallen ist. Besonders, daß lang andauernde Kälteperioden bei uns nach starkem Schneefall erscheinen, mildert für die Vegetation die Folgen der Thatsache, daß länger fortgesetzter Einfluß der Kälte ihr schädlicher wird als rasch vorübergehende, sehr tiefe Temperaturen. Was über das Schneeniveau hinausragt, muß sich in unserem Klima durch Holz und Rinde decken.

Der große Bedarf der Bäume an Feuchtigkeit verleiht dem Schnee eine besondere Wichtigkeit für den Wald. Die Winterfeuchtigkeit hat für den Wald eine größere Bedeutung als die

Sommerregen. Die langdauernde Schneedecke des Winters ist die Hauptursache der Bewaldung Rußlands und Schwedens; wo das Klima dem Waldwuchs überhaupt günstig ist, erfährt er immer eine besondere Förderung in den schneereichen Gebieten. Sewerzow sagt vom Tiënschan einfach: „Das Vorhandensein von Tannen ist ein Zeichen, daß viel Schnee fällt.“ Und ein andermal: „Im Tiënschan ist die Zone der Tannen die Zone der Winterschneewolken.“ Beide liegen zwischen 1800 und 3300 m. Daher dort auffallender Mangel an Tannen in Thälern, von denen ihre hohen Umrandungen die Schneewolken abhalten, so daß im Winter der Himmel blau zwischen wolkenverhängten Kämmen hereinschaut. Derselben Beziehung schreibt man es auch zu, daß im Transilischen Alatau die Tannen die westlichen Abhänge vorziehen, die, im Schatten der Hauptkette liegend, die schneereicheren sind.

Der Schnee bleibt im Walde länger liegen als auf dem Feld und durchfeuchtet daher den Waldboden gründlicher; nur sehr starke, warme Regen setzen dem Schnee im Wald durch das Abtropfen von den Bäumen stärker zu. Doch liegt selbst in Schwarzwald und Harz noch Schnee im Schatten der Bäume im Juni, wenn er im Freien schon seit Mai weggegangen war. Auch die Lawinen beeinflussen den Baumwuchs durch eine Art von Auslese, die sie unter den Bäumen vornehmen; denn den Lawinen gegenüber verhalten sich die Bäume sehr verschieden. Fichten und Föhren brechen leichter als Lärchen; die Ahorne sind unter den Laubbäumen am zähesten, sie übertreffen in dieser Beziehung besonders die Buchen. Man begreift, daß die Lärchen häufiger als die Fichten an der äußersten Baumgrenze stehen, und daß sie selbst hier nicht das großartig krüppelhafte Wachstum der Wetterfichten zeigen. Jüngere Lärchen und Ahorne biegen sich vor einer Staublawine vollkommen zu Boden und richten sich mit der Zeit wieder auf. Fichten und Buchen aber sind selbst mitten durch die Kronen durchgebrochen, so daß die Stümpfe der Äste und Zweige alle zu gleicher Höhe sich ausstrecken.

Der lockere Pflanzenboden der Alpenwiesen ist der langen Erhaltung der Schneedecke weniger günstig als Fels und Schutt. Das verschärft die Grenze zwischen dem Höhengürtel des zusammenhängenden Pflanzenwuchses und dem des Schuttes und der Felsen. Wo die Firnfelder nicht im Schutze der Kahrbecken liegen, bezeichnet daher ihr geselliges Auftreten in der Regel das Aufhören der dichteren Rasendecke. In der Übergangszone zwischen den beiden bewirkt der Firn eine eigentümliche Abstufung der Vegetation, denn an den flachen Stellen, wo Schnee und Firn lange liegen bleiben, wird der Pflanzenwuchs zurückgedrängt oder ganz unmöglich gemacht; wo sie ihn dagegen frei lassen, drängen die Pflanzen sich dicht zusammen, und das ist besonders an den steileren Abhängen der Fall.

Der Schnee im Leben der Menschen.

Indem der Schnee den Boden zudeckt, auf dem der Mensch in den wärmeren Zeiten des Jahres geht, steht und arbeitet, schafft er ihm einen neuen Boden, aus dem er versuchen muß, etwas zu machen. Zu diesem Zweck hat er Schneeschuhe und Schneereifen erfunden, die das Gehen auf dem Schnee erleichtern, und hat dem Schnee den Schlitten angepaßt, der wahrscheinlich auch für das Fahren auf der trockenen Erde vor dem Wagen verwendet wurde.

Wo nicht Straßen, Kanäle und Eisenbahnen für die Erleichterung des Verkehrs sorgen, wird die Schneedecke zur bequemsten Bahn, auf der die Menschen ihre Schlitten ziehen oder von Pferden, Renntieren oder Hunden ziehen lassen. Trotz der Kälte reist man in Sibirien lieber im Winter als im Sommer, da die Schlittenbahn ebener ist als die sumpfigen oder steinigen Wege, und da über Seen und Sümpfe und auf den Flüssen der Weg fast schnurgerade hinführt. So hört der Winter auf, die tote Jahreszeit zu sein und wird die rechte Zeit des Verkehrs. Selbst in den kältesten Teilen, auf der Route Jakutsk-Kolymsk begegnet man im Winter Handelskarawanen mit 100—200 schwerbepackten Saumpferden. Aber auch in Ländern der

gemäßigten Zone, wo kein Mangel an anderen Verkehrsmitteln herrscht, ist der Schnee wichtig für die erleichterte Abfuhr des Holzes aus den Wäldern. Auch in dieser Beziehung besteht eine enge Verbindung zwischen Schnee und Waldwirtschaft. In den kalten Ländern der Erde, wo mindestens 8 Monate tiefer Schnee liegt, nützt der Mensch seine geringe Wärmeleitung aus und baut aus Schnee Hütten, die warmhalten. Er weiß auch die leichte Sichtbarkeit der Tiere auf der weißen Fläche zu verwerten, sowie ihre Schwerbeweglichkeit auf dem trügerischen Boden, der unter ihnen einbricht: der Winter wird eine bevorzugte Jagdzeit und das um so mehr, als viele Tiere sich im Winter in einen dichteren und schöneren Pelz kleiden.

E. Firn und Gletscher.

Das Gletschereis.

Das Gletschereis ist ein kristallinisch-körniges Gestein von 0,88—0,91 spezifischem Gewicht, dessen einzelne Körner von verschiedener Größe sind und sowohl in den oberen als den unteren Abschnitten des Gletschers ordnungslos liegen. Im allgemeinen sind die Körner größer in den unteren Teilen eines Gletschers als in den oberen, und zwar wird zu diesem Wachstum das zwischen den Körnern liegende gefrorene Wasser und wenig von außen eingedrungenes verwendet. Größere Gletscherkörner nehmen kleinere in sich auf. Doch findet man immer auch kleinere neben größeren liegen. Das in die Haarspalten (s. unten, S. 347) von außen eindringende Wasser spielt keine erhebliche Rolle beim Wachstum des Gletscherkornes, sondern dies scheint vielmehr im Inneren des Gletschers kräftiger fortzuschreiten. Das Gletschereis ist plastisch; seine Nachgiebigkeit auf Druck und Zug erreicht bei Temperaturen in der Nähe des Gefrierpunktes den höchsten Grad und scheint bei Temperaturen unter —12° rasch abzunehmen. Auch auf schwachen Druck, wenn er stetig wirkt, erweist sich Gletschereis in der Nähe des Gefrierpunktes plastisch. Pfaff sah einen hohlen Eisencylinder unter 2 Atmosphären Druck und bei —1 bis 0,5° Wärme in 2 Stunden 3 mm tief in Eis sich einsenken; stand die Temperatur der Umgebung über 0, so sank er in einer Stunde so tief ein, dagegen bei —4 bis —1° sank er in 12 Stunden nur 1,2 m tief, während bei —12 bis —6° das Eindringen in 12 Stunden nur 0,1 mm betrug. Das Gletschereis ist von der Farbe des Wassers, also lichtbläulich bis grünlich. Luftbläschen in größerer Zahl, die durch die Bewegung des Eises zu langen Luftlinien ausgestreckt werden, geben ihm eine mehr oder minder weißliche Farbe. Es scheint nicht, daß tropische Gletscher dichteres, also dunkleres blaues Eis haben, etwa durch stärkere Abschmelzung, vielmehr ist das Eis der dortigen Gletscher eher luftreicher, weißlicher, weil die Gletscher kleiner sind.

Durch die Zumischung von Luft wird das Eis weiß, schmelzbarer und gegen Druck nachgiebiger. Im Laufe des Wachstums der Gletscherkörner und der Bewegung des Gletschers wird diese Luft zum Teil ausgestoßen, zum Teil in das Wasser aufgenommen, dessen Lösungsfähigkeit für Luft in der Nähe des Gefrierpunktes groß ist. Daher sind die Luftbläschen an den Stellen größten Druckes und im allgemeinen in den tieferen Teilen des Gletschers geringer an Zahl. Auch werden sie in diesen Teilen flacher, so daß man sie mit feinen Spalten verwechseln könnte, während sie im Firneis rundlich sind. Nicht zu verwechseln mit Luftbläschen sind durch starken Glanz in auffallendem Licht ausgezeichnete kleine bläschenförmige Räume im Gletscher, die luftleer sind und oft in Verbindung mit Teilchen flüssigen Wassers auftreten.

Die Temperatur der Gletscheroberfläche kann sich natürlich nicht über die des schmelzenden Eises erheben, wohl aber kann sie erheblich darunter sinken. Wenn wir von der Schneedecke des Winters absehen, die mit ihrem Luftreichtum einen schützenden Mantel über die Gletscher breitet, ist das Eindringen der Lufttemperaturen in den Gletscher nur bis zu geringer Tiefe möglich. Nach den Untersuchungen von Heß und Blümcke würden höhere Lufttemperaturen sich bis etwa 15 m Tiefe geltend machen, worüber hinaus das Gletscherinnere nur die Temperatur haben kann, die dem dort herrschenden Druck entspricht. Am Grunde des Gletschers befindet sich das Eis jahraus jahrein im Zustande der Schmelzung, wenigstens bei größeren Gletschern. Da der Druck den Schmelzpunkt erniedrigt, liegt die Temperatur hier wenig unter dem Nullpunkt, schwankend mit dem Drucke. Forel und Hagenbach haben die Temperatur am Gletscherboden direkt zu 0,031—0,002° Celsius gemessen. Die Wärmeleitung des Eises ist gering; wenn wir für die Gesteine der Erdoberfläche durchschnittlich 0,5 setzen, beträgt jene 0,34. Kleine Schuttkörner schmelzen auf unseren Gletschern nicht über 60 cm tief ein, weiter scheint die Macht der strahlenden Wärme nicht zu reichen. Anders in den Tropen, wo die Abschmelzung viel stärker vor sich geht; bei dem tropischen Hochstande der Sonne sinken alle dunkeln Teilchen fast senkrecht in das Eis hinein und bilden zahllose Röhrchen nebeneinander. Daher ändert hier der Staub die Gletscheroberfläche stärker um als in unserem Klima.

Gletscherkörner des Karajakeisstroms in Grönland. Nach E. von Drygalski.

Das **Gletscherkorn** (s. die Abbildung oben, S. 23, und die nebenstehende) ist ein Eiskristall. Trotz des Fehlens jeder äußeren Kristallform findet das Wachstum des Kornes nach den Gesetzen der Kristallisation des Wassers statt, d. h. das Wasser gefriert an das Korn unter dem Einflusse der kristallographischen Orientierung, und zwar rascher bei höherer Temperatur, bei starkem und rasch wechselndem Druck und solange zahlreiche kleinere Eisstücke zur Nährung des Wachstums vorhanden sind. Die Geschwindigkeit des Kornwachstums im Eis ist eine Funktion der Temperatur, daher kleine Firnkörner in den oberen Teilen des Gletschers; also begünstigen weder Druck noch Schmelzung allein dieses Wachstum. Das Firnkörnchen mit einem Durchmesser von 1 mm wächst auf diese Weise zu einem Gletscherkorn vom zehnfachen Durchmesser. Es gibt, besonders im dichten, luftarmen, blauen Eis Gletscherkörner von Faustgröße. Im allgemeinen sind sie um so größer, je älter sie sind; doch sieht man auch in den ältesten Gletscherabschnitten noch kleine Körnchen neben den größten liegen. Während die Firnkörnchen oft kugelförmig sind, ist die Gestalt der großen Gletscherkörner immer unregelmäßig. Je weiter der Gletscher vorrückt, desto langsamer ist naturgemäß das Wachstum des Gletscherkorns, und es ist wahrscheinlich, daß es im Inneren der Gletscher rascher fortschreitet als an den freiliegenden Stellen, da dort die Berührung der Körner enger und ununterbrochen ist. Gletscherkörner bilden sich und wachsen in jedem Eis, das dauernd bei einer Temperatur nahe dem Gefrierpunkt erhalten wird, durch molekulare Umlagerungsprozesse. Emden hat nachgewiesen, daß einfaches gefrorenes Wasser sich mit der Zeit in ein **Kristallgemenge** verwandelt, in dem jeder Kristall einem Gletscherkorn äquivalent ist. Er hat auch die Zusammensetzung der Eisstalaktiten der Eishöhlen aus entsprechenden Körpern nachgewiesen, die dann Lohmann eingehend beschrieben hat. Die Regel ist,

daß diese Eiskristalle senkrecht auf der Achse eines Eisstalaktiten stehen. Schmilzt eine solche Eissäule in warmer Luft, so geben die Querschnitte der polyedrisch aneinandergrenzenden Eiskristalle dem Ganzen eine wabenartige Oberfläche. Daher der Name Wabeneis (s. die untenstehende Abbildung). Die dabei entstehenden sechseckigen Figuren haben nichts mit der Kristallform des Eises zu thun, sondern entstehen aus der Zusammendrängung der säulchenförmigen Körper.

Wenn die Wärmestrahlen in einen Gletschereisblock dringen, schmelzen sie die Gletscherkörner an ihren Berührungsflächen an und machen sie nun erst durch die Erzeugung dünner Zwischenschichten flüssigen Wassers mit abweichender Lichtbrechung sichtbar. Das klare Eis wird dabei trübe. So entsteht ein Netz von Spalten, die so weit reichen, wie die Sonne gewirkt hat: die Haarspalten. Man hat früher großes, ja zuviel Gewicht auf dieses Spaltennetz gelegt, weil man in ihm das Gletscherwachstum vor sich gehen sah. Daher stammen zahlreiche Versuche, es als eine Eigenschaft des Gletscherinneren nachzuweisen. Aber alle Versuche, den Gletscher mit färbenden Flüssigkeiten zu tränken, sind erfolglos geblieben. Nur soweit die Wärme den Zusammenhang der Gletscherkörner lockert, reicht das Netz der Haarspalten; im Gletscherinneren findet die engste Verbindung der Gletscherkörner zu einem klaren, dichten Eise statt, das muschelig bricht. Über den inneren Bau und die Plastizität der Gletscherkörner s. oben, S. 23.

Wabeneis aus Eishöhlen des Erzgebirges. Nach Photographie von Hans Lohmann.

Die Schmelzstreifen des Gletschereises, welchen Hagenbach den Namen Stries de Forel beigelegt hat, zeigen sich auf der freien Oberfläche langsam schmelzenden Gletschereises. Man findet sie besonders deutlich an den Wänden der Gletscherhöhlen und unter Steinen auf dem Gletscher. Es sind parallele, durch Furchen getrennte Streifen. Die Entfernung zwischen zweien derselben variiert zwischen $1/4$ und $1/2$ mm; man sieht sie auch sich vereinigen und verzweigen. „Ich kann sie mit nichts besser vergleichen als den Strichen der Epidermis der Innenseite der Hand oder der Fußsohle des Menschen, oder auch den Furchen, welche die Wellen auf dem Sandgrund eines stillen Wassers bilden", sagt Forel. Diese Streifen fehlen keinem Gletscherkorn, sie sind in jedem Gletscherkorn parallel untereinander, aber in verschiedenen Gletscherkörnern verschieden. Man könnte vermuten, daß man es mit den äußeren Rändern von Parallelschichten zu thun habe, welche das Gletscherkorn zusammensetzen; aber eine Beziehung zur Kristallform lassen sie nicht erkennen. Daß sie nur unter bestimmten äußeren Bedingungen auftreten, besonders auf langsam schmelzendem Eis, aber z. B. nicht auf Eis, dessen Oberfläche verdunstet, scheint dafür zu sprechen, daß sie mit anderen, gröberen Schmelzrillen des Eises verwandt sind.

Die Verbreitung der Gletscher.

Wenn wir von den äußersten Rändern der bewohnten Erde im Norden und Süden ausgehen, kommen wir nach Ländern, die über und über vergletschert sind, und wo wir die Ausdehnung der Vergletscherung nur nach Millionen von Quadratkilometern rechnen können, dann in Länder mit großen und dann in Länder mit kleinen Gletschern. Der Erdteil mit dem verhältnismäßig größten Betrage tropischen und subtropischen Bodens, Afrika, hat nur kleine Gletscher, Australien hat gar keine. Je mehr wir uns dem Äquator nähern, desto höher ziehen sich die Gletscher in die Gebirge zurück. Noch unter dem 50. Parallel erreichen sie das Meer,

Gletscher und Lavafelder Islands. Nach Th. Thoroddsen. Vgl. Text, S. 349.

unter dem Äquator steigen sie selten unter 4000 m herab. Die Gletscherbildung setzt Überfluß von festem Wasser an der Erdoberfläche voraus, sei es durch reichliche Niederschläge bei mäßiger Wärme oder durch geringe Niederschläge bei sehr niederer Temperatur. Daher der merkwürdige Gegensatz in der Verbreitung der Gletscher und der durch Wasserarmut hervorgerufenen abflußlosen Seen. Klimatisch bedingt sind also die Gletscher ohne Frage gerade so, wie die Schnee- und Firnverbreitung über die Erde hin klimatisch bedingt ist. Aber der Gletscher kann nicht rein als klimatische Erscheinung aufgefaßt werden; so sehr er abhängt von der Zonen-, Höhen- und Sonnenlage, der Menge und Verteilung der Niederschläge, so sicher verdankt er wichtige Eigenschaften dem Boden, auf dem er sich bildet. Er kann so wenig wie ein Fluß im engen Raum eines Eilandes sich entfalten; daher haben so manche Inseln der Polargebiete keine Gletscher, sondern, wie etwa die Hoffnungs-Insel südöstlich von Spitzbergen, nur Firnflecken in Küstenschluchten. Jeder Gletscher ist eben ein Individuum, will individuell in seiner Umgebung betrachtet und nach seinem eigenen Maß gemessen werden.

Das Inlandeis Grönlands, Nordostlands und anderer arktischer Länder und die Eiswände der Antarktis, Ränder von vielleicht noch ausgebreiteteren Firn- und Eismänteln, zeigen, daß die Gletscherbildung in den Polargebieten am größten ist. Unter der Voraussetzung, die man allerdings nicht mehr wahrscheinlich nennen kann, daß das unbekannte Innere der Antarktis ein einziges Land sei, hat man die dortige Eisfläche auf 14 Millionen qkm geschätzt. In dieser Eismasse würden alle Gletscher der außerpolaren Zone verschwinden. Die Arktis bietet greifbarere Beispiele in den 13,400 qkm Gletscherfläche Islands (s. die Karte, S. 348) und vor allem in dem auf 2 Millionen qkm zu schätzenden Inlandeis Grönlands. Wo an arktischen und antarktischen Steilküsten die Firnmassen sich am Fuß einer hohen Felswand ansammeln, von deren Zinnen eine zweite Firnlagerung sich ins Land hineinzieht, bildet sich hier eine Inlandeisdecke, und dort entstehen einzelne kurze Gletscher; verschmolzen sind beide in den Piedmontgletschern von Alaska (s. die Abbildung, S. 351). Grönlands gebirgige Küsten ernähren eine Anzahl von Gletschern, die unabhängig vom großen Inlandeis sind (s. die untenstehende Karte). Es gibt unter ihnen große Gletscher vom alpinen und vom skandinavischen Typus, die aus großen gemeinsamen Firnbecken fließen, und kleine Gletscher ohne Firnmulde, die hauptsächlich durch den über steile Abhänge hinabgewehten Schnee gebildet werden. Pearys Gefährte Salisbury nennt sie „Cliffgletscher". Im wesentlichen entsprechen sie den alpinen Hängegletschern. Man darf sie nicht mit Kanes Katarattgletschern verwechseln, die in Eiskaskaden über 360 m hohe Felswände stürzen wie aus „einem überkochenden Kessel voll Eis"; unten schwimmen sie als Eisberge fort. Spitzbergen ist ein vergletschertes Gebirgsland (die Nordkrone, der höchste bisher gemessene Berg, 1300 m), dessen Gletscher wohlausgebildete, durch Firnscheiden gesonderte Individuen sind. Nur Nordostland, die Weiße Insel (Hvita Oe) und Neufriesland sind von Inlandeismassen überflossen. Doch zeigt auch die Gletscherbildung in Spitzbergen manche Eigentümlichkeiten, die den polaren Charakter anzeigen. Die Breite ist groß im Vergleich zur Länge, zumal die Thäler, in welche die Gletscher eingebettet liegen, kurz sind. Nach Norden nehmen sie rasch zu. Wo auf der Südostseite von Edgeland der König Johann-Gletscher 58 km breit und stellenweise mit 50 m hoher Steilwand ins Meer tritt, sind wir im Inlandeis. Die Gletscher sind im allgemeinen flach, wenig zerklüftet, und vor ihrem Ende verbindet sich abfließendes Wasser mit dem Firn oft zu einem Eissumpfe von mehreren Metern Mächtigkeit. Ähnliche Bildungen findet man auch auf den Gletschern selbst. Conway beobachtete an Gletschern Spitzbergens, die sich vereinigen, daß jeder eine Strecke unterhalb des Zusammenflusses sich aufwölbt, so daß ein dreieckiger Raum entsteht; diesen erfüllen Seen, deren Ausflüsse Eisklammen von 20 m Tiefe in die Gletscher schneiden. Das für polare Gletscher von mäßiger Mächtigkeit bezeichnende Überwiegen des Firnes im Aufbau der Gletscher kommt bei denen von Spitzbergen häufig vor. Die Gletscherabfälle an der Küste sind in der Regel nicht stark zerklüftet. Eine Ausnahme macht der große Gletscher im Hintergrunde der Faulbucht, von dem Kjellman schreibt, das beständige Geknatter seiner herunterbrechenden Eisbruchstücke erinnere an eine elektrische Batterie in Entladung. Viele Gletscher, die einst im Meere endigen mochten, haben breite Anschwemmungs- und Moränenflächen vor sich hinausgebaut. Große Eisberge liefern nur Nordost- und König Johann-Land.

Randgletscher in Nordgrönland. Nach Robert Peary.

Aus jenen Zahlen spricht für die arktischen Gletscher schon die klimatische Abstufung, die wir noch weiterführen können durch die Zahl von ungefähr 5000 qkm für die verfirnte und vergletscherte Fläche

der Skandinavischen Halbinsel (4600 Norwegen und 400 Schweden) und ebensoviel für die Alpen. De Seue hat allein für Justedals Bräer 1500 qkm angesetzt. Das Gletschergebiet der Schweiz wird auf 2100, das der österreichischen Alpen auf 1500 qkm geschätzt. Das vergletschertste Gebiet der Alpen ist das Rhonebecken mit 257 Gletschern, die 1040 qkm bedecken. Wenn wir aber allein in den Ostalpen 1012 selbständige Gletscher mit 1462 qkm Oberfläche zählen, so liegt darin zugleich die Zersplitterung der ganzen Erscheinung, die mit dem Hinaufrücken in eine höhere Zone eintritt. Vom ganzen Kaukasus sind nach Freshfields Schätzung nur 1500 qkm vergletschert. In den Pyrenäen haben wir dann überhaupt keine Thalgletscher (s. unten, S. 355) mehr, sondern nur noch kleine Gehängegletscher.

Südlich von den Alpen und dem Kaukasus sind in Europa große Gletscher nicht zu finden. Lyell und andere sprachen von einem Gletscher am Ätna, aber das sind nur Firnflecken. Spuren größerer Vergletscherung zeigt der Zentralapennin, aber heute beherbergt der Gran Sasso samt seinen Umgebungen nur Firnflecken. Die Pyrenäen haben eine Anzahl von Gehängegletschern, wie oben bemerkt. Die Sierra Nevada hat einen kleinen Gletscher in sehr geschützter Lage im Hintergrunde des schwer zugänglichen Corral de la Veleta. In der niederschlagsreichen Sierra de Gredos sind in dem Höhengürtel zwischen 2400 und 2600 m Firnflecken häufig, besonders in engen, schattigen Schluchten der Nordseite.

In Afrika kann man die Bildung kleiner Gletscher im Atlas nicht für unmöglich halten, wo an 5400 m hohen Bergen die Firngrenzen unter 4000 m herabsteigen. Im Krater des Kilimandscharo liegt Firn und Gletschereis, und vom Kraterrand steigen nach Hans Meyer mehrere Gletscher über 5000 m und auf der Südwestseite in Schluchten einer bis gegen 4000 m herab. Mackinder zählte am Kenia 15 Gletscher, die höchstens 1,6 km Länge erreichen; die untersten endigen bei 4400 m. Wahrscheinlich trägt auch der Runsoro Gletscher, die in dem niederschlagsreichen Gebiete bis 4300 m herabreichen. Vom Ngomwimbi hat Moore „drei herrlich grüne Gletscher" herabsteigen sehen, aber auch andere Schneegipfel in dieser Kette dürften Gletscher tragen.

Die Trockenheit des Klimas läßt in den Gebirgen Innerasiens nur Gletscherbildungen zu, die außer Verhältnis zu der Größe der Gebirge stehen. Der Altai hat fünf Gletschergebiete, wovon das des Bjelucha allerdings wenig mehr als 50 qkm umfaßt; der größte Gletscher am Tschuï hat 20 qkm. Dem südlichen Gletschergebiete des Altai entspringt der Fluß von Kobdo. Der Araratgletscher steigt nach Thielmann bis 2760 m herab. Im Nanschan erreichte Prschewalskij den unteren Rand des Gletschers am Kuku Usu erst bei 4800 m. Der über 6000 m emporragende Küenlün hat keine großen Firnflächen. Im Tiënschan und gebirgigen Pamir finden wir lange, schmale, mit starkem Gefälle tief herabsteigende Gletscher; der Seraffschangletscher im Alai ist 25 km lang und endet bei 2740 m. An Länge gleicht also dieser längste der Gletscher Zentralasiens nur den Alpengletschern. In der aus 26 Gletschern bestehenden Gruppe des Maïdan-Tala steigt der tiefste bis 3160, einer aber nur bis 4000 m herab. Karakorum und Himalaya haben an ihren Südabhängen die größten Vergletscherungsgebiete Asiens. Aber die Firnflächen sind klein im Verhältnis zu den weit in den schmalen schützenden Thälern sich herabziehenden langen und schmalen Gletschern, die bis gegen 3600 m am Nordwestabhang in Westtibet, aber kaum über 4200 m am Ostabhang reichen. Aus dem Karakorum fließt der 103 km lange Biafo-Baltorogletscher heraus. Wenn auch die orographische Firngrenze in Nordasien das Meer erreicht, senkt sich doch dort kein Gletscher ins Meer. Aber das Innere Ostsibiriens trägt Gletscher. Es dürften manche von den „Schneebergen", die z. B. im oberen Tschangebiete sich über 2700 m erheben, in Wahrheit Gletscherberge sein. Bogdanowitsch hat jüngst am oberen Tigil Gletscher gesehen.

In Nordamerika haben die Hochgipfel der Sierra Nevada um 37° nördl. Breite kleine Gehängegletscher. 1871 entdeckte sie Muir in der Mercedgruppe, doch wurden sie vielfach angezweifelt. Vom Gipfel des Mount Dana (4030 m) sah ich im September 1874 einen „kleinen vielleicht 300 m langen Gletscher", der sich hart unter unseren Füßen von einer höheren Firnmasse zu einer tiefer unten liegenden hinabzog. „Die grünblaue Eisfarbe verrät die unerwartete Erscheinung und der Glanz des Eises an den Stellen, wo es steil abgestürzt ist." Am Mount Shasta in 41,5° nördl. Breite reichen Gletscher schon bis 2400 m. Aber erst vom Mount Rainier an steigen echte Thalgletscher bis zu 1500 m herab, und in Britisch-Kolumbia nähern sie sich dem Meere bereits bis auf 400 m. Im Felsengebirge kommen echte Gehängegletscher von 40,5° nördl. Breite an vor, zuerst am Hagues Peak in 4000 m, dann in der Wind River-Gruppe in 3600 m, in den Tetonbergen, in den Felsengebirgen von Montana bei 3200 m. Erst beträchtlich weiter im Norden fließen im Quellgebiete des Bowflusses unter 52° nördl. Breite große Thalgletscher bis 1300 m. An der Küste von Alaska gibt es neben den großen Firnmeeren der Hochgipfel

Der Horconesgletscher.

Nach J. Habel gezeichnet von K. Oenike.

und den am Fuße der Berge zusammenfließenden flachen „Piedmontgletscher" vom Typus des Malaspina zahlreiche mittlere Gletscher von 8 km Länge, Eisströme mit starken Endmoränen und Zeichen beträchtlicher Schwankungen (s. die untenstehende Karte). Die Inseln von Alaska sind zwar vom Eis einer einstigen Gletscherbedeckung gemodelt, aber sie nähren keine großen lebenden Gletscher. Dagegen zählte am Festlande die Harrimansche Alaska Expedition 22 Gletscher, die bis ans Meer herabsteigen: 12 in Prince William Sund, 6 in der Gletscher Bai, 3 in der Yakutat Bai, einen von der Fairweather Kette. Außerdem lassen aber aus manchem Seitenthal der Fjorde, das mehrere 100 m über dem Hauptthale liegt, kleinere Gletscher ihre Eismassen unmittelbar in das Meer herabstürzen, welches das Hauptthal ausfüllt.

Gletscher Alaskas. Nach Otto J. Klotz. Vgl. Text hier und S. 349.

In Südamerika trägt einen kleinen Gletscher der 5000 m hohe Hauptgipfel der Sierra Nevada de Santa Marta, ebenso der Pan de Azucar in den Anden von Kolumbien. In den Anden von Ecuador entquillt dem Cerro del Altar ein Gletscher, dessen Zunge bis 4000 m herabsteigt. Von den hohen Ostkordilleren von Peru und Bolivia steigen oder hängen zahlreichere kleine Gletscher herab. In den bolivianischen Anden sind die Firnlager auf die Berggipfel beschränkt, so daß sich nur kleine Gletscher entwickeln können. Vom 33. Grad südl. Breite an südwärts breitet sich die Vergletscherung weiter aus. Schon am Aconcagua steigen Gletscher bis 1900 m herab. So hängt ein kleiner Gletscher hoch oben am Sosnendo (4950 m), und mehrere solche kleine, mit hoher Eiswand plötzlich endigende Gletscher sieht man an Bergen am oberen Diamante und Atuel. Bei 35 Grad südl. Breite werden Gletscher mit großen Firnmulden häufig (s. die beigeheftete Tafel „Der Horconesgletscher"), erreichen aber kaum 3000 m; doch wenig weiter südlich schon ist der 2260 m hohe Vulkan von Osorno in einen blendenden Firnmantel gehüllt.

Neuseeland trägt auf der Südinsel ein großes Firngebiet, von dem zahlreiche Gletscher herabsteigen; der größte ist der Tasman-Gletscher zwischen dem 43. und 44. Grad südl. Breite, der 28 km Länge mißt und mit einer Gesamtfläche von 120 qkm nicht weit hinter dem Aletsch zurückbleibt. Über die arktischen und antarktischen Gletscher s. oben, S. 349. Unter den Inseln des Südmeeres sind schon in der gemäßigten Zone einige stark vergletschert. In Südgeorgien (54° südl. Breite) taucht der 13 km lange Roßgletscher mit 4,5 km breiter Stirn und 100 m hohem Steilabfalle in die Royal-Bai, und Moränenreste zeigen eine einst größere Ausdehnung der Vergletscherung an. Die Bouvetinsel in 54° 26′ südl. Breite ist gletscherbedeckt und durch steilen Eisrand unnahbar.

Größe und Gestalt der Gletscher.

Von der Lage und Gestalt des Bodens hängen Größe und Form des Gletschers ab, der sich darauf entwickelt. Die Nähe des Meeres und die der Sonne abgewandte Lage sind vor allem wirksam. Wir haben ihren Einfluß bei der Firngrenze kennen gelernt (s. oben, S. 319 u. f.); er ist so groß, daß man füglich die Gletscher als eine Erscheinung auffassen kann, die ihr Maximum in der ozeanischen Peripherie der Länder hat und nach dem Innern zu abnimmt. Daß sie in der Meeresnähe auf der ozeanischen Südhalbkugel in derselben geographischen Breite bis zum Meere hinabsteigen, wo sie in dem kontinentalen Inneren Asiens bei 2000 m aufhören, sagt genug. Man kann die Frage aufwerfen, welche Gebirgsform die für die Vergletscherung

Der Gletscher von Ultima Esperanza, Patagonien. Nach Franc. P. Moreno. Vgl. Text, S. 353.

günstigste sei, und man wird wohl die nennen, welche die größte Ansammlung des Schnees, die trägste Verfirnung und Schmelzung und die langsamste Bewegung der Gletscher erlaubt. In ein und derselben Zone macht sich zunächst die Höhe geltend. Wenn Berge sich zu Ketten aneinanderreihen, in denen ein Ansteigen nach einer Richtung zu beobachten ist, sieht man deutlich das Zunehmen der Firnfelder von den niedrigeren zu den höheren Gipfeln. Mit der Höhenabnahme der Tauern nach Osten sinkt auch die Größe der Vergletscherung, die noch 17 Prozent in der Venedigergruppe, nur 3,2 Prozent in der Goldberggruppe beträgt. Mit zunehmender Höhe fließen die im Thalschluß gelegenen Firnflecken zu einer Firnmulde zusammen, und der aus dieser hervortretende Gletscher steigt dann häufig noch unter das Niveau des tiefsten Firnflecks hinab. Dabei erkennt man den Vorzug der breiten Unterlage, besonders wenn sie durch überragende Höhen kesselförmig abgeschlossen und beschattet ist.

Das Herabsteigen der Gletscher hängt in erster Linie vom Klima ab. In den Anden von Ecuador reichen am Sara Urcu Gletscher bis 4200 m herab, und der Eismantel des Kibo am Kilimandscharo fällt an der tiefsten Stelle auf der Südwestseite bis 4000 m. Einer der

GLETSCHER.

1

2

RHÔNEGLETSCHER.
Maßstab 1: 125000
Kilometer

3

ALETSHGLETSCHER.
Maßstab 1: 125 000
0 1 2 3 Kilometer.
Die Gletscherzeichnung ist in Niveaulinien von je 30m. Abstand ausgeführt

PASTERZE.
Maßstab 1: 125 000.
Kilomtr.

JOSTEDALSBRÄ.
Maßstab 1: 375 000
0 2 4 6 8 10 Kilometer.
Im 3mal kleineren Maßstab als die übr. Karten.

Bibliographisches Institut in Leipzig.

tiefsten Himalayagletscher, der Nanga Parbat in Kaschmir endigt bei 2900 m, während im allgemeinen die Himalayagletscher bis 3400—4200 m reichen. Die viel weniger mächtigen Tiënschangletscher ziehen sich an einzelnen Stellen nicht unter 4000 m herab. Im Kaukasus steigt der 19 km lange Karagamgletscher bis 1740 m. Das Ende der großen Alpengletscher liegt durchschnittlich bei 1900 m, doch kommen große Unterschiede vor; in Gebieten geringer Vergletscherung wie in den Südostalpen, steigt die Gletscherzunge nicht unter 2100 m hinab, aber der Untere Grindelwaldgletscher endet jetzt in der Nähe des Dorfes Grindelwald bei 1080 m und reichte in der Zeit des großen Vorrückens der Alpengletscher 1818 bis 983 m. Das Herabsteigen der Montblancgletscher bis 1110 (Glacier des Bois) und 1130 m (Glacier des Bossons), wo sie sich mit Wäldern und Getreidefeldern vermählen, gehört landschaftlich zu den Schönheiten, physikalisch zu den hervorragenden Wirkungen des höchsten Berges der Alpen. Unter den norwegischen Gletschern steigt der Suphellagletscher bis 50 m, der Skridjöklar in Island bis wenige Meter über dem Meer, in Neuseeland der Prinz Alfred-Gletscher bis 215 m herab. Die Gletscher im Jökulfjord und Ofotenfjord, von denen man gewöhnlich sagt, sie reichten bis zum Meere, thun das nur, weil ein Teil ihres Eises über eine Steilwand an dem Meeresrande herabstürzt, wo es sich zu einem Gletscher regeneriert, der sogar kleine Eisberge liefert. Gletscher erreichen unmittelbar die Meeresfläche auf der Nordhalbkugel von 65° nördl. Breite, auf der Südhalbkugel von 53° südl. Breite an (s. die Abbildung, S. 352).

Unter den alpinen Gletschern sind die größten der Große Aletschgletscher mit einer Firn- und Eisfläche von 129 qkm und einer Länge von 24 km, wovon 16 auf den Eisstrom kommen, und der Unteraargletscher, bei dem die entsprechenden Größen 39 qkm, 17 und 10 km sind. Beim Mer de Glace, dem größten Gletscher der Montblancgruppe, mißt die ganze Fläche 42 qkm, die Längen sind 15 (am Glacier du Géant) und 9 km. In den Ostalpen steht an der Spitze der Gepatschferner mit 22 qkm, 11 und 5 km. In dieser Abstufung liegt sowohl die klimatische Begünstigung der Westalpen, als die Abnahme der Massenerhebungen nach Osten hin; den Aletschgletscher läßt aber besonders sein Ursprung in dem größten Firnboden der Alpen, den die Riesen des Finsteraarhornmassivs umstehen, so gewaltig anwachsen. Die breiten Rücken des skandinavischen Hochlandes begünstigen die Bildung großer Firnfelder, aus denen zahlreiche kleinere Gletscher wie Eiszapfen und Eissäume von großen, schneebedeckten Firsten herabhängen. Außerdem hat dieses Hochland in seinen „Bottnern" (s. Bd. I, S. 607) prächtige, breite Firnsammelbecken. Umgekehrt ist unter den Bedingungen der Gletscherbildung in den Anden gerade am wenigsten die erfüllt, daß entsprechende Becken oder Kahre da sind, die mächtige Firnmassen aufnehmen und entsprechende Gletscher nähren könnten. Wo sie vorhanden sind, liegen sie zu tief oder ist ihr Boden zu steil. Die meisten Gletscher hängen in steilen Schluchten gegen die Thalsohle herunter, die sie nicht erreichen. Firnbrüche und Eiszerreißungen sieht man häufig. Das Feuerland, in dessen westlicher Hälfte das Klima noch mehr als in Norwegen die Gletscherbildung begünstigt, hat wegen zu geringen Massenerhebungen keine großen Gletscher; es sind nur mäßige, die in den Beagle-Kanal herabsteigen. Die Sierra Nevada Kaliforniens ist ebenfalls wegen des Mangels der großen Kahre, der Sammelbecken für die Firnmassen, nicht geeignet, große Gletscher zu bilden. Das Gleiche gilt von den südlichen und mittleren Teilen der Felsengebirge. In den zentralasiatischen Gebirgen sind es zuerst die klimatischen Verhältnisse, welche die Bildung großer Firngebiete erschweren, aber auch die Thalgestalt prägt den dortigen Gletschern einen besonderen Stempel auf: die Gletscher Zentralasiens und des mittleren Himalaya sind auffallend lang und schmal und vielfach stark zerklüftet, während durch Unebenheiten des Thalbodens die Zunge weithin schuttbedeckt ist.

Thalgletscher und Gehängegletscher.

(Vgl. die beigeheftete Kartenbeilage „Gletscher".)

Überall, wo die Bodenformen individualisierend auf die Gletscher einwirken, entsteht der Unterschied von Thalgletschern und Hänge- oder Gehängegletschern (s. die Abb., S. 354). Ihre

Eiger, Mönch und Jungfrau, von Wengernalp aus gesehen. Nach Photographie von Braun u. Komp., Dornach im Elsaß. Vgl. Text, S. 353.

Verschiedenheit ist hauptsächlich ein Größenunterschied. Die Thalgletscher sind so groß, daß sie in die Thäler hinabsteigen und diese hinausfließen; die Hängegletscher sind dazu nicht groß genug, bleiben also an den Thalwänden hängen. Weniger passend ist der Name Gletscher erster und zweiter Ordnung für diese Abstufung. Die Thalgletscher empfangen fast immer auch Zuflüsse von anderen Gletschern und werden dadurch zu zusammengesetzten Gletschern. Aus zwei oder mehreren zusammenmündenden Gletschern wird aber kein vollkommen neuer Gletscher; der Gletscher erster Ordnung enthält die Gletscher,

die sich mit ihm verbunden haben, noch lange gesondert, wie man leicht an den Moränenzügen erkennen kann (vgl. die Karte bei S. 353). In der Tiefe mag der gesteigerte Druck verschmelzend wirken, an der Oberfläche bleiben Trennungen. Aber in dem gemeinsamen Bette wird dann doch ein größeres Ganze aus der Vereinigung der Teile, und gemeinsam ist dann jedenfalls die Endmoränenbildung an dem Gletscherrande.

Die Gehängegletscher entwickeln sich dort, wo die Höhe des Gebirges nicht hinreicht zur Ausbildung einer zusammenhängenden Firndecke. Da die Firnansammlungen unter dem Schutze

Der Peirabroc-Gletscher am Monte Colomb, Seealpen. Nach Photographie von F. Mader in Nizza. Vgl. Text, S. 356.

der Thalwände ihnen Ursprung geben, kann ihre Zahl groß, aber die Größe der einzelnen nur gering sein. In den bayrischen Kalkalpen, die nur ein paar hundert Meter über die Firngrenze hinausragen, und in den Pyrenäen finden wir ausschließlich Gehängegletscher. In allen Gebirgen steigen sie in der Regel nicht unter die Firngrenze herab. Ihre größte Ausdehnung und Mächtigkeit erreichen sie dort in den Monts Maudits und der Umgebung von Oo; dies ist „la domaine propre des tempêtes d'hiver et des glaces". In der Finsteraarhorngruppe zählt man 16 Thalgletscher und über 100 Gehängegletscher, in der Monte Rosa-Gruppe 15 Thalgletscher und 120 Gehängegletscher.

Schon vor der Unterscheidung der Alpengletscher in Gletscher erster und zweiter Ordnung hatte man in Island die Hoch-Jökul von den Toll-Jökul unterschieden. Und so hat auch schon Wahlenberg

den Ausdruck Hochgletscher verwendet. Er sah die Gletscher in Norwegen um so tiefer hinabsteigen, je größer sie sind; fand er doch am Südabhang des Sulitelma Gletschermündungen mehr als 200 m unterhalb der Schneegrenze. Je kleiner dagegen ein Gletscher, desto weiter bleibt er zurück, und so sah er den Tulpajegna, welchen er dem Glacier du Buet vergleicht, auf dem Abhange eines Schneegipfels liegen, so daß der Gletscher statt eines Thales eine ebene, freie Bergseite einnimmt. Solche Gletscher sind häufig in allen Gebieten, wo kein Überfluß an Niederschlägen herrscht.

Der Kahrgletscher, auf dem meist beträchtlich geneigten Boden eines Kahres in schuttreicher Umgebung liegend und nicht ins eigentliche Thal hinausziehend, ist ein Mittelding von Gehängegletscher und Thalgletscher. Im Schatten seiner Umrandung findet man ihn in tieferer Lage als den freiliegenden Gehängegletscher (s. die Abbildung, S. 355).

Gefälle und Mächtigkeit der Gletscher.

Jeder Gletscher hat das Gefälle seiner Unterlage und seiner keilförmig nach unten sich verschmälernden Gestalt. Den Firn mit eingerechnet, ist das Gefälle der großen Alpengletscher zwischen 5 und 8°, übersteigt nur in den Abstürzen 10°. Auf mancher Gletscherzunge schreitet man wie auf ebenem Boden thaleinwärts, meilenweit auf den Himalayagletschern, die in ihren langen Thälern mit verschwindend geringem Gefälle hinziehen. Das Gefälle ist oft im Sammelgebiete größer als im Eisstrome des Gletschers. Das gilt besonders von den Alpengletschern, wo der Eisstrom ins flache Thal hinausfließt. Bei den norwegischen Gletschern (s. die nebenstehende Abbildung), wo der Firn auf breiten Rücken liegt, während der Gletscher in die steilen Fjordthäler hinabsteigt, kommt das gegenteilige Verhältnis vor.

Hochgletscher am Njasenfjord in Norwegen. Nach Photographie.

Die sogenannten Gletscher zweiter Ordnung zeigen schon in ihrem Namen „Gehängegletscher" ihre steile Lage an; ihr entsprechen Gefälle von 20—30°. Forbes erwähnt einen Seitengletscher des Miagegletschers am südlichen Montblanc, der mit 50° Gefälle herabsteigt, allerdings indem er dem Miagegletscher aufruht. Ununterstützt würde er so steil nicht auf seiner Unterlage verharren können. Aus dem Sturze des Altelsgletschers (s. unten, S. 363) hat man sogar die Lehre ziehen wollen, daß solche Gletscher an ihrer Unterlage angefroren seien, was indessen für den ganzen Gletscherboden nicht wahrscheinlich ist. Die Abstürze oder Eiskaskaden in großen Gletschern kommen bei 20° Gefälle und mehr vor. Wenn sie eine ganze Gletscherzunge abreißen, so entstehen Eislawinen, die gleich den Schneelawinen verheerend zu Thale gehen. Ein Gletscherabbruch am Biesgletscher (Visper Thal, Wallis) führte 1819 einen Eiswall von 700 m Länge, 300 m Breite und 45 m Höhe ins Thal, und der dadurch hervorgerufene Eisstaubsturm schleuderte Eisblöcke von 100 kg eine halbe Stunde über das gegenüber auf einem Schuttkegel gelegene Dorf Randa hinaus.

Die **Mächtigkeit** des Eisstromes mag bei großen Gletschern des Himalaya und ähnlichen erheblich über 500 m betragen. Genaue Messungen sind schwierig, und in den meisten Fällen kann man überhaupt nur zu Schätzungen gelangen. Bei kleinen Gletschern, wo Spalten bis auf den Grund gehen, hat man bis zu 50 m Eisdicke gemessen, doch dürfte bei diesen Gletschern die Dicke oft nicht mehr als 10—15 m im Durchschnitt betragen. 100 m Höhe sind an Gletscherabbrüchen gemessen worden, 260 m fand Agassiz in einem Schmelzwasserschacht am Aaregletscher, und bis über 400 m erheben sich die Schätzungen bei manchen mächtigen Eisströmen der Alpen. Über die gewaltige Mächtigkeit polarer Gletscher s. unten, S. 388.

Die Gletscheroberfläche ist nach der Mitte zu **gewölbt**, solange reichliche Zufuhr die dort besonders starke Bewegung unterstützt. Das ist namentlich im Frühling der Fall, wo der Winterschnee Unebenheiten ausgeglichen und Schutt verhüllt hat, und wo die Abschmelzung noch nicht begonnen hat. Späterhin verringert lebhafte Abschmelzung die Höhe und Breite der Gletscher, gegen Ende des Sommers sind sie oft eingesunken, die Schuttwälle hervorgetreten, „die Eisfläche durchfurcht und eingefallen, wie das Antlitz eines alternden Menschen" (Heim). So ist überhaupt ein frischer, prall sich aufwölbender Eiskörper ein Zeichen des Fortschrittes, ein flacher, eingesunkener, staub- und sandbedeckter ein Merkmal des Rückganges des Gletschers (vgl. unten, S. 378).

Klassifikation der Gletscher.

Die klimatischen und Lagebedingungen der Gletscher sind vor allem nach Zonen und Höhen abgestuft. Demgemäß sind zuerst die polaren Gletscher von allen anderen verschieden, und weiter weichen in geringerem Maß auch die Gletscher der gemäßigten und der heißen Zonen voneinander ab. Allen polaren Gletschern ist gemein die geringe Menge der Niederschläge, die aber der Mehrzahl nach aus Eis bestehen, die geringe Abschmelzung und das Herabsteigen der Firngrenze bis in die Nähe des Meeresspiegels. Daher breiten sich die Firn- und Eisdecken zuerst kappenartig und dann flächenhaft über die verschiedensten Bodenformen aus, die in diesem Gebiet im Firn und Eis ertränkt und begraben sind. Der Gegensatz von Schnee, Firn und Eis wird damit immer weniger deutlich im horizontalen Sinne. Was in unserer Zone in Höhenstufen über- und hintereinander gereiht ist, liegt hier übereinander: zu oberst Schnee, dann Firn, zu unterst Eis. So steigen die drei konzentrischen Hüllen bis an den Rand der Länder herab und fließen ins Meer hinaus, wo ihre Enden als Eisberge abbrechen. Das ist das **Inlandeis** von Grönland, Nordostland, Franz Josefs-Land und den antarktischen Ländern, dem die räumlich viel kleineren, aber durch freie Lage und überwölbende Bedeckung des Grundes ähnlichen **Firn- und Eiskappen** Islands, Finmarkens, Norwegens verwandt sind. Indem der starke Gegensatz von Firn und Gletschereis den Polargletschern fehlt, muß ihr innerer Bau von dem der Gletscher der gemäßigten Zone sehr verschieden sein. Nur in großen Firnmulden, die in einem Klima von polaren Eigenschaften liegen, werden wir ähnliche Verhältnisse erwarten dürfen, aber immer nur ganz im Kleinen: beständige Bereicherung durch Niederschläge, die fast alle fest sind, geringes Abschmelzen, starker Druck. Wenn in solchen Mulden, wie wir durch Vallots Montblancforschungen wissen, Firneis von fast gletschereisartiger Dichte schon in 15 m Tiefe vorkommt, dürften wir entsprechende Wirkungen des Druckes auch in den Polargletschern erwarten, wenn nicht die in den Firn eindringenden niedrigen Temperaturen ihnen entgegenstünden. Daher der Firncharakter, den diese Gletscher tief ins Innere hinein bewahren.

Die Gletscher der gemäßigten und heißen Zonen kann man dem Inlandeis als Gebirgsgletscher gegenüberstellen. Allen diesen Gletschern ist gemein, daß ihre Nährgebiete in Höhen liegen, von denen die Gletscher herabsteigen. Firn und Eis finden nur in Mulden und Thälern den Raum und den Schutz, die zur Entwickelung der Gletscher nötig sind. Je weniger tief der Firn- und Eismantel herabsinkt, desto mehr zerstücken ihn die Kämme und Gipfel der Gebirge; seine Reste schmiegen sich in die Hohlformen des Bodens hinein und werden abhängig von den Formen der Mulden, Kahre und Thäler. Ihre Lage ist stets eingebettet. Statt der schild- und blasenförmigen Wölbungen des Inlandeises und seiner Verwandten finden wir hohle Trichterflächen. Das ist der Typus der Gletscher der Alpen, des Himalaya, des Kaukasus. Daß in ihm mancherlei Abwandlungen vorkommen können, haben uns bereits die Eigentümlichkeiten der Himalayagletscher gezeigt. Wir sehen auch in Justedal im norwegischen Hochland den alpinen Typus an die Stelle der flachen und breiten Firne treten, die sonst dort vorwiegen, ein Beweis, wie die Bodengestalt auch durch starke klimatische Bedingungen hindurch sich geltend macht; immerhin sind es hier der großen Gletscher wenige, höchstens 24, gegen Hunderte von kleinen Gehängegletschern, die den breiten Firn umsäumen.

Auch nach der stärkeren oder geringeren Abschmelzung lassen sich Typen unterscheiden, die im allgemeinen ebenfalls zonenartig angeordnet sind. Je kühler der Sommer, desto weniger Abschmelzung, desto länger wird auch der Eisstrom. Gletscher in ozeanischem Klima sind auch durch andere Zeichen schwacher Abschmelzung ausgezeichnet; schon auf dem Roßgletscher Südgeorgiens fiel Peter Vogel die geringe Zahl der Gletschertische, der geringe Betrag der Mittelmoräne, die Schwäche der Schmelzwasserbäche auf dem Gletscher auf. Der fast dauernd bewölkte Himmel läßt keine starke Schmelzung zu. Unter solchen Umständen entsteht auch der Neuseeländische Typus: lange, tief herabsteigende Eisströme, deren Fläche im Verhältnis zum Firn viel größer ist als bei den Alpengletschern. Im südwestlichen Neuseeland steigt die Firngrenze bis 1700, der längste Gletscher bis 215 m herab. In Gebirgen mit warmem Sommer schreitet dagegen die Schmelzung rasch nach oben fort, und es bleibt zuletzt vom ganzen Gletscher nur der Firnfleck übrig: kurze, breite Kahrgletscher der Pyrenäen und der Sierra Nevada. Wo aber die Abschmelzung mit geringen Unterbrechungen andauert und von einer hochstehenden Sonne besorgt wird, gewinnen wir einen ganz neuen, den tropischen Gletschertypus, dem die Gletscher der Anden und des äquatorialen Afrika angehören. Alle Schmelzformen sind hier extrem ausgebildet, die Verstärkung der Schmelzung durch dunkle Körper auf dem Eis erzeugt senkrecht eindringende Schmelzröhren und -klüfte von verschiedenstem Durchmesser (s. die Abbildung, S. 359). Der Firn ist häufig in ein Meer von Klippen und Pfeilern zerteilt, die Gletscher steigen nicht tief herab, sind kurz, aber mächtig. Daß die Gletscher dieses Typus, die wir kennen, fast alle an Vulkangipfeln auftreten, verleiht ihnen zugleich eine Familienähnlichkeit als Gletscher aus den kappen- oder ringförmigen Firnmänteln der Vulkankegel, die in Kraterkesseln liegen oder aus solchen herausfließen oder den Kraterrand mit einem Eisrand krönen, aus welchem Gletscher saum- und fransenartig herabquellen.

J. C. Russell hat einen besonderen Typus von Gletschern zwischen dem alpinen und polaren auf den Malaspinagletscher des Mount Elias begründet und Piedmont-Typus genannt. Das Einzugsgebiet liegt im Hochgebirge, die Gletscherzunge dehnt sich breit und flach ins offene Land hinaus. Dieser Gletscher bedeckt gegen 3900 qkm, wovon der weitaus größte Teil im Flachlande liegt. Diesem Typus müssen einst unsere alpinen Gletscher angehört haben. Gletscher dieses Gebietes, die unmittelbar an das Meer herantreten, sind den polaren noch ähnlicher. So

ist der 900 qkm bedeckende Muirgletscher in Alaska an seinem Ende 280 m mächtig und erreicht den Grund in einer 220 m tiefen Meeresbucht.

Übergangsformen zwischen Gletschern und Firnflecken. Von den kleinen Gehängegletschern bis zu den Firnflecken, die nichts als kleine und wenig mächtige Lager von Firn auf einer Schutthalde oder am Fuß einer steilen Wand sind, ist nur ein Schritt. Es gibt keinen wesentlichen Unterschied zwischen ihnen; was sie trennt, sind Größen- und Massenverhältnisse. Der kleine Gletscher ist unselbständig gegenüber seiner Umgebung, der er sich ganz anders anschmiegt und unterordnet als die Eismasse eines Thalgletschers. Der Firnfleck ist noch weniger selbständig. Aber es kann beim Firnfleck vorkommen, daß er nicht bloß Zeichen von Bewegung an der Oberfläche aufweist (s. oben, S. 316), sondern in Gestalt stumpfer Abreibungen auch Spuren davon auf vortretenden Felsstufen seines Bodens hinterläßt. Zwischen der Endmoräne eines kleinen Gletschers und eines Firnfleckes ist kein wesentlicher Unterschied. Wie sich die kleinen Gletscher zu den Wachstums- und Rückgangserscheinungen verhalten, von denen die großen in bestimmten Zeiträumen ergriffen werden, wissen wir noch nicht genau; vom Plattachferner an der Zugspitze (s. die Tafel, Bd. I, bei S. 584), der 1892/93 um 2,5 m, 1893/97 um 1 m wuchs, scheint es, daß er verspätet den allgemeinen Vorstoß und darauf folgenden Rückgang

Der Drygalskigletscher am West-Kibo, Kilimandscharo. Nach Photographie von Hans Meyer. Vgl. Text, S. 358.

der Alpengletscher erfährt (s. unten, S. 377). Fließendes Wasser, das einen großen Einfluß auf die Umgestaltung des Firnes ausübt und in erster Linie an dessen Überführung in dichtere Gattungen von Firneis beteiligt ist, erzeugt überall auf den kleinen Gletschern und auf großen Firnflecken die äußerlich hervortretendsten gletscherähnlichen Merkmale: Spalten und über das Eis rinnende Bäche. Viele Spalten, welche die Gletschernatur größerer Firnflecken beweisen könnten, möchte ich als Schmelzrinnen auffassen; niemals sah ich Querspalten den Körper eines Firnfleckes von mäßiger Größe durchsetzen. Auch selbst diese Rinnen des Schmelzwassers sind nicht genau denen des Gletschers homolog, denn während diese das Ergebnis der mächtigen oberflächlichen Abschmelzung auf dem Gletscher abwärts führen, werden jene durch Wasserüberschuß genährt, dem der schwammartig gefüllte und steil geneigte Firnfleck, sobald er selbst größere Dimensionen annimmt, nicht den sonst üblichen Abfluß im Firne selbst zu gewähren vermag. Das Wasser tritt dann auf der Firnoberfläche quellartig hervor, um oft nach kurzem Wege auf derselben in spiralig ausgewaschenen Löchern wieder zu versinken.

Die Gletscherbewegung.

Ein Blick auf die Karte eines vergletscherten Bodens zeigt das Anschmiegen des Gletschers an die Bodenformen (s. die Abbildung, S. 361), die Verschmelzung mehrerer zusammentreffender Gletscher an ihren Berührungsflächen und die Wiederzusammenschließung des durch einen Absturz zertrümmerten Gletschers zu einem neuen Ganzen: alles Beweise einer dem Gletscher als plastischer Masse eigenen Bewegung. Daher gelingt es, Gletscherformen durch eine zähflüssige Masse, wie Harz, nachzuahmen, wobei aber wohl zu beachten ist, daß die dazu benutzten Stoffe vom Gletschereis sehr verschieden sind; es sind also keine Experimente, sondern bloße Demonstrationen. Diese Bewegungsfähigkeit zeigt sich ebenso an jedem Stück Eis, das wir bei einer nicht weit unter dem Schmelzpunkte liegenden Temperatur biegen oder durch Druck aus einer Form in eine andere überführen können, als im Ganzen des Gletschers, dessen Körner durch Druck, der den Gefrierpunkt erniedrigt, aneinander verschiebbar sind und sich ganz fest verkitten, wenn der Druck nachläßt. Über die dem Eis an sich eigene Plastizität und die Regelation s. oben, S. 23 und 345.

Genaue Messungen der Bewegung der Gletscher sind bis heute nur an den Gletschern der Alpen und Grönlands, in geringem Maße auch an denen Norwegens gemacht. Nach ihnen schwankt die Größe der durchschnittlichen täglichen Bewegung am Unteraargletscher von 0,14—0,21 m, am Mer de Glace von 0,21—0,68, an der Pasterze von 0,06—0,43 (im Mittel zehnjähriger Beobachtung 0,125), am Lodalbräe (Norwegen) von 0,1—0,65, am Sarjektåkko (Lappland) von 0,07—0,65, an großen Himalayagletschern von 2—3,7 m. Sewerzow bestimmte durch eine freilich nur eintägige Messung die Geschwindigkeit des Semenowgletschers im Tiënschan zu 0,6 m. Die durchschnittliche Bewegung um 40—100 m im Jahre, wie sie bei großen Alpengletschern, bei mittleren Gletschern Norwegens und manchen anderen gemessen ist, dürfte das mittlere Maß der Bewegung für Gletscher von mäßiger Größe überhaupt geben. Dem entsprechen auch die Geschwindigkeiten der selbständigen Gletscher Grönlands (0,07—0,3), aber bei den Ausläufern des Inlandeises steigt die tägliche durchschnittliche Geschwindigkeit von 3,1 bis auf 22,4 m. Für den großen Muirgletscher in Alaska wird die Geschwindigkeit auf 2,2 m geschätzt. Die einzige Messung der Geschwindigkeit eines antarktischen Gletschers ist die des Roßgletschers auf Südgeorgien, die 0,35 m als mittlere tägliche Bewegung ergab (Peter Vogel). Für den großen Franz Josefs-Gletscher auf Neuseeland werden 3,9 m im Mittel per Tag angegeben.

Forbes hat zuerst durch Messung die Fortdauer der Gletscherbewegung im Winter nachgewiesen, die vor seiner Zeit einfach geleugnet worden war. Man weiß jetzt, daß die Bewegung der Gletscher jahreszeitliche Schwankungen erfährt und daß sie wohl im allgemeinen im Sommer größer ist als im Winter. Forbes maß am Mer de Glace 1844/45 als mittlere tägliche Geschwindigkeit 1,278 m vom 4. Juli bis 5. August und 0,290 m vom 4. Dezember bis 6. Januar. Ähnliche Messungen liegen von anderen Gletschern vor; Westman bestimmte am Stuorajekna des Sulitelma die Bewegung im Sommer auf den nahezu doppelten Betrag der durchschnittlichen täglichen Bewegung im ganzen Jahre. Aber keineswegs fällt auch das stärkste Vorrücken des Gletscherendes mit dem Sommer, das schwächste mit dem Winter zusammen. Vielmehr scheint es, als ob die Gletscher die stärkste Vermehrung ihres Wachstums nach dem Ende des

Schema einer Gletscherlandschaft: A Firnfelder, B Gletscherthor, C Gletscherbach; a Seitenmoränen, b Gufferlinie, c Gletschertische, d Endmoräne. Nach F. Simony. Vgl. Text, S. 360.

Sommers erfahren, am unteren Grindelwaldgletscher gewöhnlich im Oktober und November und, wie es scheint, um so früher, je rascher die Lufttemperatur sinkt, ebenso tritt ein Rückzug Ende Mai oder im Juni ein; der Vorstoß betrug 1895/96 etwa 18 m. Der Höllenthalferner legt seit Anfang der neunziger Jahre regelmäßig kleine Wintermoränen ab, im Winter 1897/98 ist er 7 m vorgerückt, im darauffolgenden Sommer 13 m zurückgegangen.

Die Abhängigkeit der Gletscherbewegung von der Masse zeigt die Abstufung von der größten Beschleunigung bei dem größten bekannten Gletscher, dem Inlandeis Grönlands, durch die Himalayagletscher, welche die größten der Hochgebirgsgletscher sind, zu den Gletschern der Alpen. Bei den Alpengletschern werden vervielfältigte Messungen dieselbe Abhängigkeit nachweisen. Einstweilen haben wir nur wenig Beobachtungen über die Bewegung der kleinen Gletscher, die sicherlich bis auf den zehnten Teil der Bewegung von alpinen Hauptgletschern sinken kann. Auch in Grönland sinkt im Süden, bei Julianehaab, wo die Inlandeismasse sich verschmälert, die Geschwindigkeit der Ausläufer des Inlandeises auf das alpine Maß herab. Man hat sie

schon jetzt in eine einfache Formel zu fassen gesucht: Je größer der Querschnitt, um so rascher die Bewegung. Wir halten diese Formel für verfrüht. Sicherlich wird auch die Form des Querschnittes, nicht nur seine absolute Größe von Einfluß sein; ein breiter, aber seichter Gletscher bewegt sich immer langsamer als ein schmaler, aber tiefer vom gleichen Querschnitt.

Mit dem Wachsen des ganzen Gletschers wächst auch seine Geschwindigkeit, mit dem Rückgange desselben nimmt sie ab. Damit hängen wohl Jahresschwankungen in der Größe der Gletscherbewegung zusammen. Die Pasterze schritt in den Jahren 1883—86 durchschnittlich 50,4 m, 1887: 41, 1888: 30, 1891: 51, 1892: 49 m vor. Dabei scheint die Beschleunigung im Gletscher schon einzutreten, wenn das Wachstum erst im Firngebiete sich geltend zu machen beginnt. Es verlangsamt sich die Bewegung des Gletschers bei Verbreiterung, beschleunigt sich bei Zusammendrängung. In Thälern von normalem Bau ist daher die Geschwindigkeit der Gletscher bei gleichem Gefälle in der Mitte der Gesamtlänge größer als gegen den Ausgang zu, wo bei den Alpengletschern die durchschnittliche tägliche Bewegung auf 0,03 — 0,04 m sinkt. Diese Mittelzone stärkster Bewegung entspricht dem „Stromstrich" des Wassers und verläuft gleich ihm in Windungen, die stärker gekrümmt als das Gletscherbett und thalabwärts etwas gegen dessen Windungen verschoben sind. Je breiter der Gletscher, desto breiter diese Mittelzone. Im Sommer scheint die Verzögerung am Rande geringer zu sein. Dafür, daß eine ähnliche Verzögerung nach der Tiefe hin durch die Reibung am Boden eintreten muß, sprechen Beobachtungen über die ungleichmäßigen Veränderungen an den Wänden tiefgehender Spalten. Die Bewegung am Rande verhält sich zu der Bewegung in der Mitte bei alpinen Gletschern häufig wie 1:2 und 1:3, der Unterschied wächst aber mit der Größe der Bewegung und steigert sich in einzelnen Fällen auf 1:10. Dabei ist zu bedenken, daß es am Rande Stellen gibt, wo im Schutze von Felsvorsprüngen die Bewegung des Gletschers so gering wird, daß er fast still steht. Aber die Zunahme der Bewegung nach der Mitte des Gletschers zu findet nicht sprungweise, sondern regelmäßig statt. In Gletschern, die aus verschiedenen Zuflüssen entstehen, erhalten sich die Unterschiede ihrer Geschwindigkeiten noch eine Strecke, bis sie wie in einem Hauptstrome verschmelzen.

Die Bewegung nimmt im Gletscher von oben nach unten mit dem Gefälle im allgemeinen ab. Abweichungen von dieser Regel finden in plötzlichen Steigerungen des Gefälles ihre Erklärung; vor Abstürzen bewegen sich Gletscher immer rascher. Oder es steigert auch ein eintretender Zufluß die Masse und damit die Geschwindigkeit. Erhält der Gletscher keinen starken Zufluß, so verringert sich seine Masse durch Abschmelzung, behält aber ziemlich die gleiche Reibung oder vermehrt sie durch Verbreiterung, woraus die Abnahme der Geschwindigkeit folgt. Daß in der Nähe des unteren Endes sich ein Gletscher fächerförmig ausbreitet, lehrt der Augenschein. Dasselbe ist sogar vom Inlandeis nachgewiesen. Übrigens sind auch seitliche Bewegungen gemessen worden; sie sind beträchtlich beim Austritt eines Gletschers aus einem engen Teile seines Bettes in einen breiteren und bei plötzlicher Abnahme des Gefälles, wo die rasch gehemmte Parallelbewegung sich in eine ausbreitende, d. h. seitliche umsetzt.

Die Bewegung des Gletschers hat, vom Tempo abgesehen, die größte Ähnlichkeit mit dem Fließen eines Flusses. Es ist das Fließen einer dickflüssigen Masse, und schon Rendu meinte, es werde unmöglich sein, in der Bewegung eines Flusses eine Eigenschaft zu finden, die nicht auch der Gletscher habe. Die Unterlage des Gletschers ist immer geneigt, und der Gletscher hat außerdem noch ein eigenes Gefälle dadurch, daß nach untenhin seine Mächtigkeit abnimmt. Stärker als das Gefälle wirkt die Masse des Gletschers: Thalgletscher fließen rascher als Gehängegletscher, Verengung beschleunigt die Bewegung, die Bewegung ist stärker in der Mitte als an

den Rändern, stärker an konveren als an konkaven Rändern, stärker an der Oberfläche als am Grunde. Die Spalten und Risse zeigen innere Unterschiede in diesem Fließen an, geradeso wie Wellen und Wirbel im Flusse. Wie diese in der ebenmäßig fortfließenden Masse in dem Augenblicke verschwinden, wo ihr äußerer Anlaß wegfällt, schließen sich die Spalten im Gletscher, wenn sein Boden gleichmäßig und die Richtung seines Bettes gerade wird. Bei plötzlicher Zunahme des Gefälles wächst die Bewegung des Gletschers, und der Gletscher zerreißt, wenn die Senkung beträchtlich im Vergleich mit der Eismasse ist. Man nennt das Gewirr von Eisklippen und -schneiden, das dadurch entsteht, einen Gletscherbruch. Im Mer de Glace entsteht ein solcher Gletscherbruch schon beim Übergang von 5° 10′ Gefälle auf 22° 20′.

Vergleichsweise selten ist der Absturz ganzer Gletscherteile als Gletscherlawine. Genau beobachtet ist nur ein Fall. An der Altels in den Berner Alpen lag ein Firn von 25–40 m Mächtigkeit auf einem 30 m geneigten Gehänge, das nach unten zu noch steiler wird und Abstürze hat. Der Gletscher, der am Boden angefroren gewesen sein muß, löste sich im warmen Sommer 1895 vom Firn los, und 4,5 Millionen cbm Eis stürzten in das Altelser Thal, wobei der Gletscher in lauter Bruchstücke von 1 cbm und weniger zerfiel, die im Sturze sich gegenseitig abrundeten, eine Masse umhersprühenden Eisstaubes erzeugten und auf der gegenüberliegenden Thalseite noch 300 m bergauf brandeten. 1782 hatte in einem sehr heißen Sommer dasselbe stattgefunden. Am 12. Juli 1892 stürzte von der Têtes Rousses am Montblanc eine Gletscherlawine ab, der Forel 1—2 Millionen cbm Inhalt zuschreibt. In einer halben Stunde legte sie ihren Weg von 13 km aus der Höhe von 3150 m bis zum Thal der Arve zurück.

Die Theorie der Gletscherbewegung.

Die Kenntnis älterer Gletscherforscher wie Scheuchzers und De Saussures von der Gletscherbewegung bestand wesentlich nur in der alten „Wissenschaft und Sage" des Volkes, daß Steinblöcke auf dem Gletscher ihre Lage mit der Zeit verändern, und daß die Gletscher selbst an ihrer Zunge grünes Land bedecken oder Eisboden freilegen, indem sie vordringen und zurückgehen. Über das Maß dieser Bewegung gab zuerst Hugi Aufschluß, als er seine 1827 auf dem Aargletscher gebaute Hütte 1830 um 100 m hinabgewandert fand. Zwei Jahre später fand David Forbes die 1788 von De Saussure auf dem Géantgletscher am Montblanc zurückgelassene Leiter 5000 m weiter unten. Bischof Rendu, „der das geheimnisvolle Dunkel der Gletschererscheinungen mit Ableraugen durchdrang", hatte vorher schon beobachtet, daß der Gletscher sich in der Mitte rascher bewegt als an den Rändern; Forbes bestätigte und erweiterte diese Beobachtungen und bildete Rendus Anschauung, daß der Gletscher sich wie eine teigige Masse an seine Unterlage anschmiege, zu der Theorie der „fluid motion" aus, die im Gletscher einen zähen Fluß erblickt. Aber erst als Agassiz 1842—46 mit seinen Gehilfen eine Karte des Unteraargletschers in 1:10,000 aufnahm, wurde die sichere Grundlage für die Vergleichung der Zustände des Gletschers in verschiedenen Zeitpunkten geschaffen. 1884 hat man die im Jahre 1846 von Agassiz auf dem Unteraargletscher an bestimmten Stellen ausgesetzten Steinblöcke in Trümmern gefunden, die 2400 m, also etwa 55 m im Jahre, zurückgelegt hatten.

Diese Plastizität des Gletschers, die also schon früh erkannt worden war, zu erklären, gelang erst viel später; aber nicht eine einheitliche Erklärung wurde gefunden, sondern einmal die Regelation (s. oben, S. 23) der Gletscherkörner erkannt, die eine Folge der Änderung des Gefrierpunktes durch Druck ist (Faraday 1850), ferner das Gletschereis als ein Körper nachgewiesen, der durch Druck bei Temperaturen um den Gefrierpunkt sich in Formen pressen läßt (Helmholtz 1865), dann endlich das Gletscherkorn selbst als ein plastisches Erzeugnis der molekularen Umlagerung alles Eises erkannt (Emben 1888). Später wurde auch ein geringes Maß von

Nachgiebigkeit auf Zug nachgewiesen. Eine unbedeutende Stellung nehmen die Erklärungen der Gletscherbewegung ein, die sich auf das innere Wachstum oder die innere Ausdehnung des Gletschers stützen, so Hugis Erklärung durch das Wachstum der Gletscherkörner, oder die Charpentiers durch Ausfüllung der Zwischenräume mit Wasser, das gefrierend dieselben verkittet und ausdehnt, oder Forels im Grund ähnliche Anschauung von 1887, mit der diese Reihe von Erklärungen wohl endgültig abgeschlossen ist. Alle diese „Dilatationstheorien" waren im Grunde Folgerungen aus einer unbewiesenen Voraussetzung: echte Antizipationshypothesen. Reine Phantasie war die Annahme einer Ausdehnung des Gletschers durch die eindringende Sonnenwärme. Dagegen ist von der Erklärung der ganzen Gletscherbewegung als eines Herabgleitens das Gleiten einzelner Gletscherteile, besonders in den zerklüfteten Partien, übriggeblieben.

Die Wirksamkeit des Druckes bei der Gletscherbewegung setzt eine Zunahme der Bewegung nach innen und unten im Gletscher mit der Zunahme des Druckes voraus. Man müßte annehmen, daß die unter dem schwächsten Drucke stehenden oberen und seitlichen Teile sich weniger bewegen als die unteren; sie würden als eine verhältnismäßig starre Schale von den unteren beweglicheren getragen. Davon leitet E. von Drygalski die Gletscherspalten ab.

Die Blaubänderung.

Seitdem Welden, der bei der ersten Monte Rosa-Besteigung in einer Eishöhle übernachtete, der Wechsel blauen und weißen Eises auffiel, den die Wände dieser Höhle zeigten, ist die Schichtung dichten, blauen Eises und lockeren, lufthaltigen, weißen Eises sehr häufig beobachtet worden. Sie gehört jetzt zu den bekanntesten Eigenschaften der Gletscher, besonders in ihren unteren Abschnitten. Man kennt sie von grönländischen und neuseeländischen, von norwegischen, tropisch-afrikanischen und Himalayagletschern. Man kann Handstücke von Gletschereis schlagen, die diese Bänderung auf dem engsten Raume zeigen, und man kann auch über ganze Gletscher weg einen Wechsel von blauen und weißen Eisgürteln verfolgen. Dabei ist der Farbenunterschied nur ein äußeres Symptom, während das Wesentliche der Unterschied der Dichtigkeit der wechselnden weißen und blauen Schichten ist. Das reine Eis ist bei durchfallendem Lichte blau; je mehr Luft das Eis enthält, um so weißer ist es. Daher leitet sich auch der jahreszeitliche Wechsel der Farbe, den Drygalski aus Grönland bestätigt: Das Inlandeis und die Eisströme sind dort blau im Herbste, wenn alle Poren des Eises von wiedergefrorenem Schmelzwasser erfüllt sind; dagegen sind sie weiß im Frühsommer, wenn in das sich zersetzende Eis eine Menge von Luftbläschen und -fädchen eindringt. Da nicht bloß die Schmelzung, sondern auch der Druck die Luft aus dem Eis entfernt, ist auch das Eis im Inneren des Gletschers blau, wo es starkem Druck ausgesetzt ist (s. die beigeheftete farbige Tafel „Der Aletschgletscher"). Das bandweise im weißen Eis liegende blaue Eis zeigt uns somit die Lage von Druckflächen im Gletscher an; daher stammt seine eigentümliche Beziehung zur Struktur des Gletschers. Der Wechsel der blauen und weißen Eisschichten ist aber doch nicht ganz einfach. Besonders gegen das Ende hin durchkreuzen einander im Gletscher alle möglichen Bänder und Schichten, und bunt wechseln grob- und feinkörniges, reines und blasiges Eis miteinander ab. Das sind Spuren und Reste von höchst verwickelten Vorgängen. Die Blaubänder sind im Gletscher nur im allgemeinen nach den wichtigsten Druckflächen angeordnet, so daß Längs- und Querbänder vorherrschen. Die Längsbänder entstehen dort, wo der Gletscher Seitendruck gegen seine Längsrichtung erfährt, die Querbänder aber sind überall zu finden, wo der Druck in der Richtung der Längsachse arbeitet. So hängt es mit der Zerklüftung und Steilheit der Andengletscher zusammen, daß sich bei ihnen der Wechsel von weißem und blauem Eis quer über den Gletscher erstreckt,

DER ALETSCH-GLETSCHER MIT DEM MÄRJELENSEE.

Längsbänder sind dagegen an grönländischen Inlandeisströmen meilenweit verfolgt worden, wie sie, allen Krümmungen begleitend, an den Rändern hinzogen.

So viel Ursachen von Druckunterschieden es im Gletscher gibt, so viel Grenzen zwischen blauem und weißem Eis durchsetzen den Gletscher, entweder den ganzen oder einzelne Teile. Ihre Entstehung ist auf die Zufuhr ungleich dichten Materials beim Aufbau des Gletschers, auf die verschiedengradige Verdichtung dieses Materials bei der Bewegung zurückzuführen und hängt eng zusammen mit der Spaltenbildung, welche Luft, Schnee und Wasser in das Innere des Gletschers eindringen läßt. Durch die Bewegung des Gletschers nehmen dann auch diese Unterschiede einen vorherrschenden Charakter der Schieferung an, indem sie sich nach den Druckflächen ordnen. So hat schon Sexe die 7—10 m mächtigen weißen Blätter im Eis norwegischer Gletscher auf aufgenommenen, in den Gletscher hineingearbeiteten Schnee zurückgeführt. Die schönste Blaubänderung aber findet man gerade am Fuße eines Gletscherabfalles, wo die durch eine Unebenheit im Boden aufgerissenen Spalten sich wieder schließen; da läuft die Bänderung zuerst quer und nimmt allmählich die der Strombewegung des Eises entsprechenden Biegungen an; daher nimmt auch die Zahl und Größe der Blaubänder thalwärts zu. Entsprechend den großen Unterschieden des Druckes haben die Blaubänder wechselnde Lagen in den verschiedenen Teilen eines und desselben Gletschers. Man erkennt schon bei einem Blick von oben auf den im Thale fließenden Gletscher den Unterschied der dichten und lockeren Schichten, der sich in Linien ausspricht, welche die Oberfläche des Gletschers oben in der Nähe des Firnes fast ohne Krümmung quer durchsetzen und nach untenhin in der Mitte vorspringende und immer enger werdende Bogen beschreiben.

In großem Stil ist die Blaubänderung in den großen schuttarmen Gletschern des Nordens ausgebildet. Im Inlandeis Grönlands treten an der Oberfläche die dunkelblauen Längsbänder, die bis 10 cm breit werden, aus der Ferne als feine Streifen hervor, die man weit verfolgen kann, wie sie ohne Unterbrechung über Mulden und Buckel wegstreichen, Wasserbecken und Schmelzlöcher durchsetzen, um endlich keilförmig zu verschwinden, worauf sofort ein anderes einsetzt. Sie fehlen niemals ganz. E. von Drygalski hat in der Breite eines Meters bis zu 20 gezählt, wovon die meisten fadendünn, einige kurz, andere länger, einige streng parallel zu einander waren. Sie gehen senkrecht in die Tiefe und durchsetzen an einer Stelle des unteren Karajak-Eisstromes die ganze Eismasse bis zur Unterseite, wie man in einer blau und weiß gebänderten Eisgrotte beobachten konnte. Indem Staub mit dem blauen Eis sich mischt, entstehen Schmutzstreifen, die sich oft unmittelbar in der Verlängerung der Blaubänder verfolgen lassen. Ihre Bildung wird dadurch begünstigt, daß die Blaueisstreifen oft tiefer als die Eisoberfläche liegen, und damit hängt es auch zusammen, daß mit dieser Längsbänderung immer Parallelklüfte auftreten.

Staubstreifen der Gletscheroberfläche.

Staubfälle (s. Bd. I, S. 486) werden ihre Spuren in der ganzen Ausdehnung des Gletschers und seiner Firnmulde hinterlassen. Durch Konzentration der Staubspuren auf bestimmte Stellen der Gletscheroberfläche entstehen die Staubstreifen oder Schmutzbänder, und zwar beginnt die Konzentration mit der Schneeschmelze, die zunächst eine Verdichtung des Staubes durch vertikales Zusammenrücken seiner Teilchen hervorbringt, bis sie dem Eis aufruhen, durch das schmelzende Wasser darüber hin verteilt und in allen Vertiefungen abgelagert werden. Nun verbinden sie sich, indem sie einschmelzen, inniger mit dem Eis und wirken ebensowohl auf dasselbe zurück, als sie ihrerseits von den Bewegungen des Eises erfaßt und mitgezogen werden. Sie wirken auf das Eis zurück, indem sie Unebenheiten nach dem Maß ihrer Wärmeleitung herausbilden, und spiegeln in ihrer Verteilung die Stärke und Richtung der Bewegungen im Gletscher ebenso treu wider, wie der Schaum an der Oberfläche

eines langsam fließenden Stromes die Wellen und Wirbel des Wassers abbildet. Dieser Vergleich führt auf David Forbes zurück, der die Staubstreifen zuerst als Symptome des inneren Baues und der damals noch nicht allgemein anerkannten „fluid motion“ des Gletschers auffaßte und in ihrem Verlaufe die verlängert parabolischen Schnittlinien der Kegelschalen des Gletscherinneren mit der Gletscheroberfläche sah. Die 18 Schmutzbänder, die Forbes 1842 an bestimmter Stelle auf dem Mer de Glace beobachtet hatte, erkannte Tyndall 1857 wieder, sie sind die Folge eines Eissturzes weiter oberhalb. Von zusammengesetzten Gletschern besitzt einer die Schmutzbänder, der andere nicht, und leicht verfolgt man bei jenen ihre Bildung bis zu einem Absturz. Bei rascher Abschmelzung des weicheren Eises erhebt sich, was erst noch als Schmutzband kaum aus der Gletscheroberfläche hervortrat, als ein 3 m hoher Eiskragen, der, nach vorn zu ausgebogen, die ganze Breite des Gletschers überquert. Ein solcher herausgeschmolzener Eiswall fällt nach vorn steil, wohl bis gegen 50°, ab und ist auf der Rückseite tief mit Schutt bedeckt, der durch herabrollende Steine noch immer wächst. Das ist die höchste Entwickelung des Staub- und Schuttstreifens.

Gletscherspalten.

Auch die Spaltenbildung im Gletscher ist dem Wellenschlagen und Blasenwerfen im Flusse zu vergleichen. Die Gletscherspalten sind die unmittelbare Folge der Bewegung, nicht etwa, wie man früher glaubte, der nächtlichen Abkühlung und Zusammenziehung des Gletschers. Der Blick über einen spaltenreichen Gletscher hin läßt sogleich erkennen, daß die Unebenheiten des Gletscherbettes die meisten Spalten erzeugen. Diesem Bett schmiegt sich nämlich das scheinbar so starre Eis derartig an, daß man an seiner Oberfläche die größeren Vertiefungen oder Erhöhungen des Grundes leicht erkennt. Bei stärkerem Abfall entstehen immer Spalten, der untere Teil des Eises strebt abwärts, der obere, noch nicht unter dem Einflusse des stärkeren Gefälles stehende, bleibt zurück, und Querspalten bezeichnen die Aufhebung des inneren Zusammenhanges, welche die Folge davon sein muß. Diese Art Spalten übersetzen oft quer den ganzen Gletscher, dessen Zusammenhang durch sie endlich geradezu aufgelöst werden kann. An steilen Abstürzen verwandelt sich dann der Gletscher in eine Masse von Eisblöcken und -klippen, die sich wieder vereinigen, wo das Gletscherbett ebener geworden ist. Eine andere Art von Spalten springt von den Rändern des Gletschers nach innen vor, wo eine raschere Bewegung herrscht, durch die ein Unterschied des Fortschreitens zwischen dem Inneren und dem Rand des Gletschers entsteht; infolgedessen reißt der Zusammenhang und bilden sich mächtige Randspalten senkrecht zur Richtung der größten Spannung. Mehrere Spalten dieser Art reihen sich kettenförmig von einem Ufer zum anderen aneinander und verbinden sich zu thalaufwärts gebogenen Kurven. Randspalten (s. die Abbildung, S. 367) setzen meistens in Winkeln von 30—45° ein. Bei gekrümmtem Gletscherbett ist die Spaltung an der konvexen Seite größer als an der konkaven, da dort die Differenz der Bewegungen am größeren Bogen wächst. Randspalten sind am breitesten am Rand, keilen nach innen zu aus und bilden durch die Bewegung des Gletschers verschiedene Winkel zur Mittellinie des Gletschers, so daß förmlich fächerförmige Systeme um einen Punkt des Ufers sich bilden: Drygalskis Drehungsspalten.

Längsspalten bilden sich bei der Ausbreitung des Gletschers in einer Erweiterung des Bettes, wobei die Eismassen seitlich auseinanderstreben. In der Bildung dieser Spalten ist aber oft mehr die Ungleichheit des Bettes als die in der Querrichtung verstärkte Spannung wirksam. Diese Spalten stehen oft ausgezeichnet strahlenförmig, sind aber mehr als alle anderen

von der Masse des Gletschers abhängig. Von dieser läßt sich im allgemeinen sagen, daß, je größer sie ist, desto weniger und regelmäßiger die Spalten sind. Auch darin liegt die Erinnerung an den tiefen Strom, der fast mit unmerklicher Gewalt dahingeht, während der seichte durch sein Bett hinbrandet. Daher rühren auch die großen Veränderungen in den einzelnen Gletschern, die beim Anwachsen spaltenarm sind, während beim Rückgang sie sich bis zur Unbeschreitbarkeit zerklüften. Spalten, die dort verhältnismäßig oberflächlich waren, durchsetzen nun die ganze Masse bis auf den Grund, so daß der dunkle Fels zwischen dem Blau der Eisklippen sichtbar wird. Daß Bewegungsunterschiede auch am Boden des Gletschers *Grundspalten* hervorrufen, ist ohne weiteres anzunehmen, nur hat man sie noch nicht gesehen. Nur eine Beobachtung kann vielleicht auf sie bezogen werden, die Hugi am Fieschergletscher machte, wo er, unter den Gletscher kriechend, eine 7 m nach oben sich fortsetzende und dann sich auskeilende Spalte sah.

Randspalten eines grönländischen Gletschers. Nach E. v. Drygalski, „Grönland". Vgl. Text, S. 366.

Oft schon ist die *Entstehung der Gletscherspalten* beschrieben worden. Man hört ein dumpfes, fortzitterndes und an ferner Stelle sich erneuerndes Krachen im Eis, oder man hört es abgelöst von einem Singen und Klingen in der Tiefe. Tyndall will stundenlang diese Töne sich haben hinziehen hören. Knisternde Geräusche an Gletscherrändern könnten vielleicht auch mit entstehenden Spalten in Verbindung stehen. Wer das Glück hat, das Auge gerade auf den rechten Fleck zu richten, der sieht einen feinen Riß, der noch nicht die Schneide eines Messers aufnimmt, bald mühsam wie durch eine zähe, widerstrebende Masse fortrücken, bald sprungweise weiterreißen. Die Bewegung hört an einer Stelle auf und setzt weiter oben oder unten

wieder ein. Agassiz will acht Spalten in 7½ Stunden sich haben bilden sehen. In der Regel bemerkt man aber die Spalten erst, wenn sie nach einigen Tagen sich geöffnet und bis auf einige Zentimeter erweitert haben. Dann sieht man, wie die meisten senkrecht in die Tiefe gehen und wasserleer sind. Bald zeigen sich auch große Unterschiede in der Tiefe. Spalten von 50 m Tiefe sind keine Seltenheit, und manche klaffen 20 m weit auf (s. die untenstehende Abbildung). Wo beschleunigte Gletscherbewegung auf langsame trifft, schließen sich die Spalten. Viele sind oberhalb geschlossen und erweitern sich nach unten. Eisbrücken (s. die Abbildung, S. 369), die

Überschreiten einer Gletscherspalte am Montblanc. Nach Photographie von Gebr. Wehrli.

zwischen ihnen stehen geblieben waren, werden dabei emporgehoben und ragen wie Reste von Gewölben hervor, wie wir von Gletschern Spitzbergens lesen. Drehung des Eises bildet aus Spalten Wannen und Trichter, in denen sich kleine Seen ansammeln mögen, die sich bei veränderter Bewegung plötzlich entleeren. Das ist manchmal der Ursprung dolinenartiger Kessel auf der Gletscheroberfläche, an deren Ausbildung hineinstrudelndes Wasser sich beteiligt.

Kleine Gletscher stehen unmittelbar unter dem Einfluß ihrer Unterlage und Umfassung, der sich in zahlreichen kleineren Spalten äußert. Am Mädelegabel-Ferner in den Algäuer Alpen sind radiale Randspalten in dem sich verbreiternden unteren Teil vorhanden, dann Querspalten in dem 10—12° Neigung zeigenden unteren Drittel und ein wenig weiter oben, endlich ein System zahlreicher geschwungener Spalten an der Stelle, wo zwei Gefällsrichtungen in nahezu rechtem Winkel auseinandergehen. Nur diese

letzteren erlangen eine bedeutende Entwickelung; sie werden bis 4 m breit. Mit geschwungenen, aus blauem und weißem Eis gebänderten Wänden in dem mächtigsten Teil des Gletschers in die Tiefe sinkend, gewähren diese Spalten mit ihren Eiszapfen, durchbrochenen Eisplatten, Kaskaden und nie endendem Tropfenwerk einen echt gletscherhaften Anblick. Das starke Gefälle läßt Wasser von höheren Teilen des Gletschers an denselben Stellen aus spindelförmigen kurzen und schmalen Spalten aus der Tiefe brechen, mehr aber noch gegen den Unterrand des Ferners zu, wo in einer Linie Dutzende von kleineren Höhlungen auftreten, in denen Schmelzwasser der Oberfläche versinkt. Zahlreicher als die offenen Spalten sind die geschlossenen, welche besonders durch die Verwerfungen ausgezeichnet sind, die ihre beiden Ränder merklich an Höhe verschieden sein lassen. An solche Ränder setzen sich gern die Schmutzstreifen an, und an einigen Stellen sieht man sogar die Grundmoräne hier herausgequetscht.

Auch der Firn hat seine Spalten. Da der Firn nicht so spröde ist wie das Eis, sind die Firnspalten breiter, weniger lang. Wo der Firn einer Mulde mit schrägem Boden absinkt, bilden sich wiederholt Ketten von schön gebogenen Spalten. Sie können bis zu 30 m breit und bis 80 m tief sein. Auf Boden von großer Ungleichheit findet man den ganzen Firn in Klippen zerborsten, deren Schnee, weiß mit leichtem grünlichen Schimmer, ein noch viel fremdartigeres Bild gewährt als das blaue Trümmerwerk eines Gletscherabsturzes. Bewegung und Abschmelzung wirken zusammen, um zwischen dem oberen Rande des Firnbodens und dem Berge eine Kluft zu erzeugen, die als Bergschrund eine der größten Schwierigkeiten der Bergbesteigungen bildet. Es gibt solche Schründe, die halbe Berge umziehen und im besten Fall nur auf einer vergänglichen Firnbrücke überschritten werden können.

Gletscherspalte und Gletscherbrücke.
Vgl. Text, S. 368.

Die Abschmelzung.

Wer einen Gletscher einige Stunden nach Sonnenuntergang betritt, ist von tiefer Stille umgeben. Nur in einigen der tiefsten Eisrinnen fließt noch Wasser; alle oberflächlichen Rinnen sind trocken. Mit den ersten Sonnenstrahlen aber beginnt es zu tropfen und zu rieseln, mit steigender Sonne immer mehr und immer lauter, bis dann am Mittag eine Bewegung über den ganzen Gletscher hin herrscht, die zu den mächtigsten Naturerscheinungen gehört. Wie jeder Gletscherwanderer weiß, ist Schatten auf unseren Alpengletschern an Sommertagen oft nur bei einzelnen Felsklippen zu finden, die geringe Höhe der darüber hervorragenden Gebirgsteile wirft selbst an Wintersonnentagen nur geringen Schatten, die Sonne kann also fast über den ganzen Gletscher hinstrahlen und mit voller Macht abschmelzend wirken. Wer auf den Gletscher herabsteigt, wenn die Sonne am höchsten steht, der hört es daher von weitem schon wie einen Wasserfall rauschen, und wenn sich das Geräusch gegen Abend legt, lautet es noch immer wie das Brausen eines Sturmes. Selbst von einem kleinen Gletscher ist das Rauschen weit vernehmbar. In dem glatten und zugleich bildsamen Eis fließen die Schmelzbächlein ungemein rasch und in schnell sich vertiefenden Kanälen. Sie vereinigen sich zu Systemen, trennen sich wieder vor Hindernissen, stürzen in Spalten und brechen weiter unten wieder aus Spalten

hervor. Ihre Rinnsale sind seltsam gestaltet, stark gewunden, viele so tief seitwärts eingegraben, daß man das Wasser nur durch die Eisdecke hindurch sieht, wie es in seiner kristallenen Rinne dahinstrudelt. Thalrinnen im Eise von 10 m Tiefe und Weite sind keine Seltenheiten. Aber sie sind meistens kurz, denn ihr Wasser stürzt in die erste Spalte, der es begegnet; deren Wände spült es zu gewaltigen blauen Spiralgewinden aus und löst einzelne Pfeiler und Kulissen aus ihnen los. Die Spalte verändert sich durch die Gletscherbewegung; wird sie enger, so hält sich der Wassersturz seine Rinne offen, in die er tief wie in einen Schacht hinabstürzt. Es sind derartige Schächte von mehr als 200 m Tiefe gemessen worden. Indessen hat sich aber eine Spalte weiter oben gebildet, der Bach findet in sie seinen Weg, und der erste Schacht versiegt. Indem so der Gletscher weiterrückt, reiht sich ein leerer Schacht an den anderen. Die letzte Spur eines solchen Schachtes ist eine schiefe, von der Gletscherbewegung zusammengedrückte Grube. Wer aber nach Jahren wieder über denselben Gletscher wandert, findet die „Mühlen" an denselben Stellen wieder, so wie die Spalten immer über denselben Hindernissen aufreißen. Aus dem Zusammenwirken von Spaltung und Schmelzung entstehen Formen an der Gletscheroberfläche, die an zerklüftete und ausgespülte Karrenfelder erinnern, namentlich Auflösungstrichter mit Wänden von 40—45° Neigung, die nicht auf den Grund gehen, und Einsturztrichter (besonders über dem Gletscherbach), die mit Wänden von 60—90° bis auf den Grund reichen, dazwischen Eisbrücken, die durch die Gletscherbewegung zerspalten oder aufgewölbt werden. Unterspülte Rinnen und Trichter stürzen oft mit großem Geräusch ein. Als Paulson den Oroefa Jökul bestieg, vernahm er ein Rollen lauter als Donner, und der Gletscher unter seinen Füßen bebte wohl eine Minute lang; es war längs einer Schlucht das Eis in einer Länge von 8 km eingestürzt. Die Isländer haben dafür den eigenen Namen Jökla-Brestr oder Jökul-Bersten. Aus Trichterlöchern im Eis werden endlich Hügel, wenn der hineingespülte Schutt sich so angesammelt hat, daß er den Boden darunter an der Abschmelzung hindert, und unter schützenden Steinplatten erhalten sich Eispfeiler, die **Gletschertische** tragen (s. die beigeheftete Tafel „Gletschertisch aus der Mont Blanc-Gruppe").

Das flüssige Wasser im Gletscher, das gewöhnlich in hunderttausend Adern und Äderchen verteilt ist und infolgedessen in seiner Bedeutung leicht unterschätzt wird, sammelt sich an der Oberfläche oder auch in der Tiefe und bildet **Gletscherseen** (vgl. die Tafel „Der Aletschgletscher mit dem Märjelensee" bei S. 364) und **Wasserstuben**. Gletscherseen durch Stauung des Abflusses entstehen am häufigsten an kleinen Gletschern, deren Bewegungen nicht stark genug sind, um den aufdämmenden Schutt fortzuschieben; auf ihnen schwimmen Eisblöcke, und ihren Boden bedecken geschichtete, feine Sedimente; aber ein geringes Vorrücken des Gletschers vernichtet sie oder schiebt sie zusammen und bringt andere Sedimente in ihr Becken. Auf den tief herabsteigenden, flachen Gletschern Spitzbergens oder Islands entstehen in den beckenförmigen Vertiefungen vollständige Eisseen und „Eissümpfe", aus denen das Wasser in tiefe Schluchten, Klammen und Höhlen ausfließt; Conway beschreibt eine auf diese Weise entstandene Gletscherhöhle von 15 m Breite. Besonders häufig entstehen in dem Winkel, wo zwei Gletscher zusammenfließen, Seen in der Gletscheroberfläche. Es gibt auch Gletscherseen, die sich im Winter füllen, bis im Sommer die stärkere Abschmelzung ihnen einen Abfluß verschafft. **Ausbrüche** solcher Gletscherseen sind nicht selten. Auf Alpengletschern gehen sie in der Regel ohne große Wirkung vorüber; nachdem sie eine plötzliche Steigerung des Gletscherbaches bewirkt hatten, hinterlassen sie auf dem Gletscher selbst ein Becken oder einen Spalt mit schlammgetrübten Wänden. 1891 brach auf dem Schwemser Ferner im Schnalserthal (Ötzthalergruppe) ein solcher

Gletschertisch aus der Mont Blanc-Gruppe.

Nach Photographie.

Eissee durch, der sich in erweiterten Querspalten der Gletschermitte auf der Oberfläche gesammelt hatte, und verursachte eine vorübergehende beträchtliche Steigerung des Wasserabflusses im Unterbergbach um $1\frac{1}{2}$ m. Schon früher hatten derartige kleinere Ausbrüche stattgefunden. Viel größere, drohendere Seenbildungen ereignen sich im Gletscherbett selbst, wenn ein seitlich einmündender Gletscher den Gletscherbach abdämmt. Dann stauen sich alle Gletscherabflüsse zu einem See, der zuletzt mit verheerender Gewalt durchbricht und die tieferen Thalstrecken mit Wasser, Eisblöcken und Schutt überschwemmt.

In dem Seitenthal des Ötzthales, das man Venterthal nennt, staute so öfters der Vernagtferner bei seinen Vorstößen durch einen bis gegen 100 m hohen Eisdamm einen See, der auf 50—70 m Tiefe geschätzt wurde und mit verwüstenden Wirkungen plötzlich ausbrach. Nicht selten wiederholten sich die Ausbrüche mehrmals bei ein und demselben Vorstoß. Bei einem Ausbruch von 1845 bewirkte die Wassermasse nach 8 Stunden in Innsbruck ein plötzliches Steigen des Inn um 0,6 m. Aus der Geschichte dieses Thales kennt man Vorstöße von 1599 an; die letzten ereigneten sich 1820 und 1845, und man erkennt unschwer ihr Zusammenfallen mit den Perioden des Gletscherwachstums (s. unten, S. 380). Der Gletscherausbruch im Martellthal am 5. Juni 1889 geschah aus einem Eisthor des Zufallgletschers und war durch das Zusammentreffen dieses mit dem Langengletscher entstanden. Der Abfluß wurde durch einen Eiswall des Zufallgletschers aufgestaut, ein Eissee von 350 m Länge, 150 m Breite und 10—21 m Tiefe gebildet, dessen Wassermasse von mehr als 600,000 cbm in wenigen Stunden sich verwüstend in das Thal ergoß. Ebenfalls in der Periode des ersten großen Gletscherwachstums des 19. Jahrhunderts verschloß der vorrückende und über eine Steilwand abstürzende Giétrozgletscher im Wallis das Val de Bagne, indem er seine abstürzenden Eisblöcke zu einem Wall häufte, der an der gegenüber liegenden Thalseite sich bis gegen 90 m Höhe aufbaute. Als nach mehreren teilweisen Ausbrüchen und Ableitungen der See im Juni 1818 durchbrach, war er 2,5 km lang und 45 m tief gewesen und ergoß in Zeit von einer halben Stunde 20 Mill. cbm Wasser, das die Kulturen und Dörfer bis ins Rhonethal hinaus verwüstete. Auch hier ist der Zusammenhang mit den großen Perioden des Gletscherwachstums augenfällig; den ersten Vorstoß berichtet man aus dem Jahre 1595. Die Isländer haben einen eigenen Ausdruck Jökulhlaup, Gletscherlauf, für den Ausbruch eines Gletschers, der den Gletscherbach, Jökula, zum See anschwellen macht, in dem große Eisblöcke thalab schwimmen.

Der Gletscher berührt sich mit wärmeren Umgebungen nicht bloß an seiner Oberfläche. Die Schmelzwasserbäche dringen mit einer Temperatur, die etwas über 0° liegt, ins Innere des Gletschers ein, füllen ihn an warmen Tagen wie einen Schwamm und wirken natürlich abschmelzend an den Wänden der unzähligen Rinnen und Adern, die ihn durchziehen. Diese **innere Schmelzung** wird von der mit beträchtlich höheren Temperaturen eindringenden Luft unterstützt. Außerdem tritt auch Schmelzung ein durch die Erniedrigung des Schmelzpunktes bei Druck. Und endlich könnte die Reibung des Gletschers ein kleines Maß von Wärme an seinem Boden erzeugen, wo ohnehin Schmelztemperaturen herrschen müssen. Der Mitwirkung der ausstrahlenden Erdwärme ist schon früher gedacht worden (s. Bd. I, S. 111); sie zeigt sich am deutlichsten im winterlichen Fortschmelzen der mächtigen Gletscherhüllen von Grönland und Franz Josefs-Land.

Unter **Ablation** versteht man die Abnahme des Gletschers durch Verdunstung und Abschmelzung. Sie beträgt in den mittleren Höhen der Alpengletscher im Jahresdurchschnitt 5 m, wovon auf den August allein ein Fünftel entfällt. Für den ganzen Hintereisferner haben Heß und Blümcke 1894 die durchschnittliche Ablation zu 2,2 m geschätzt. Die Ablation nimmt mit der Wärme nach oben ab; mit der Strahlung der Thalwände nimmt sie ebenso von den Rändern nach der Mitte des Gletschers zu ab. Die Firngrenze auf dem Gletscher als obere Grenze des Ablationsgebietes zu bezeichnen, ist nicht angängig, denn wenn auch die Abschmelzung dort sehr gering ist, so beweist doch die Firnbildung selbst, daß sie nicht gänzlich fehlt; und die Verdunstung

ist in diesen Höhen sogar beträchtlich. Über den verhältnismäßigen Anteil der Abschmelzung und Verdunstung an der Abtragung der Gletscher haben wir noch keine genauen Messungen. Die stärkste Abschmelzung bewirkt die unmittelbare Bestrahlung der Gletscheroberfläche durch die Sonne, die größten Erhöhungen des Wasserstandes der Gletscherabflüsse bringen aber warme Regentage. Nicht viel zeigen die Messungen über die Wasserführung von Gletscher- und Firnabflüssen im Winter und Frühling von den Wirkungen des Föhns, der wohl mehr durch Verdunstung als durch Schmelzarbeit „schneefressend" wirkt.

Der Gletscherbach.

Das letzte Glied des Gletschers ist der Gletscherbach, in dem der weitaus größte Teil des Schmelzwassers, bereichert durch Regenwasser, Tau und Quellwasser, den Gletscher verläßt. Eine tages- und jahreszeitlich schwankende Wassermasse, in der Regel beladen mit dem Schlamm der Grundmoräne und mit einer Temperatur von 0,3—1,7°, verläßt er den Gletscher durch eine Spalte oder ein Thor, das von unten eindringende Wärme ausgehöhlt hat. Dieses Gletscherthor (s. die Abbildung, S. 373) kann bei weiter Öffnung, durch die man das bläuliche Innere des Gletschers sieht, einen zauberhaften Eindruck machen. Es hat Gletscherthore von gewaltigen Maßen gegeben, so am Marcellgletscher von 22, am Glacier des Bois von 33 m Öffnung. Warme Luft, die zum Ersatz ausfließender kalter Luft einströmt, schmilzt an den Pfeilern und Wänden des Gletscherausganges muschelförmige, flache Vertiefungen ein, deren Abstufungen zwischen Blau und Weiß noch deutlicher den Unterschied des blauen Lichtes unter den Eisgewölben gegen das gelbliche und rötliche Licht draußen hervortreten lassen. Nicht selten fallen Lichtstrahlen durch kleine Spalten der Gletscherdecke herein. Herabgestürzte Eisblöcke von reinster Farbe werden vom trüben Gletscherbach umspült. Die Dauer eines solchen Thores kann niemals lang sein, und es tritt oft ein unansehnlicher Schuttspalt an die Stelle eines Thores, das vor wenigen Wochen unser Entzücken war.

Die Schwankungen der Gletscherbäche sind geringer als die der Wildbäche, aber größer als die der vom Firn unabhängigen Quellen. Ihr Maximum gehört der größten Sommerhitze an. Dann sind sie nicht bloß am wasserreichsten, sondern auch am stärksten getrübt und schlammreicher als Gebirgsflüsse bei Hochwasser. Aus den noch recht spärlichen Messungen kann man schließen, daß der Gletscherbach bei schönem Wetter und 7° Mitteltemperatur sechsmal stärker fließt als an einem Regentag mit 4° Mitteltemperatur. Vom Spätherbst an nehmen die Gletscherbäche sichtlich ab, ohne indessen ganz abzustehen, wie man nach einigen ungenauen Beobachtungen glauben wollte; aber an einem kalten Wintertag führt der Gletscherbach nur den achten Teil der Wassermenge eines Sommertages. An einigen Stellen hat man im Winter den schwachen Rest des Gletscherbaches quellenklar hervortreten sehen, an anderen, auch selbst in Grönland, war er im Winter nicht weniger trüb als im Sommer; eine Abnahme der Trübung im Winter ist überall vorauszusehen, wenn man erwägt, wie klar Flüsse im Winter werden, die sehr viele Gletscherzuflüsse empfangen, wie die Reuß über dem Vierwaldstätter oder die Rhone über dem Genfer See. Die Gletscherabflüsse zeigen im Winter und Frühling eine ungemein große Regelmäßigkeit. Einer mittleren täglichen Veränderlichkeit des Pegelstandes von 6 cm im Juli steht eine von 0,4 im Januar (im Jambach bei Galtür im Paznaun) gegenüber, und es kann im Winter vorkommen, daß der Wasserstand sich fünf Tage völlig gleichbleibt. Daß Gletscherabflüsse ganz klar sein können, wenn die Moränen reine Steinmoränen, frei von Erde, sind, hat schon Wahlenberg in den lappländischen Alpen vor 100 Jahren beobachtet.

Der Gletscherbach wächst am Tage und nimmt in der Nacht ab. Da aber der Gletscher einem Schwamm zu vergleichen ist, der sich mit Wasser füllt, ehe er den Überfluß abgibt, fließt der Gletscherbach noch stark, wenn auf dem Gletscher die Abschmelzung schon in Stillstand geraten ist. Gegen Morgen ist er am kleinsten geworden, und nimmt erst zu, nachdem die Schmelzung schon wieder kräftig eingesetzt hat. Das Schmelzwasser und der Gletscherbach stehen einander natürlich näher in einem kleinen Gletscher, und bei diesem hört der Abfluß oft bald nach Sonnenuntergang ganz auf, dagegen zeigen uns die Desorschen Beobachtungen am Unteraargletscher den niedrigsten Stand des Baches vormittags 10 Uhr, während der höchste oft erst nach Mitternacht erreicht wird. Man wird also den gleichmäßigsten Erguß des Gletscherbaches bei den großen Gletschern zu erwarten haben. Wenn in der Nacht die Oberfläche des Gletschers nicht mehr abschmilzt, ergießt der Gletscherbach fast nur Wasser vom Grunde des Gletschers, und dieses ist von der Grundmoräne stark getrübt; nicht selten kann man beobachten, wie der durch die oberflächliche Abschmelzung zunehmende Gletscherbach des Tages immer klarer wird. Faßt ein einziger Abfluß das gesamte Schmelzwasser eines großen Gletschers zusammen, so mag er die Ausmaße eines Flusses annehmen, wie der „Gletscherbach“ des Malaspina, der mit 30 m Breite und 5—6 m Tiefe hervorbricht. Anderseits kommt es in zerrissenen Kalkgebirgen vor, daß der Gletscher nicht frei sich ausbreitet und einem fröhlichen Gletscherbach Ursprung gibt, sondern in einer Sackgasse endigt, wo sein Schmelzwasser in Gesteinsklüften versinkt, um in kalten Quellen tief unten ans Licht zu treten. So endigt das Karlseisfeld des Dachsteingebirges vor einem breit vorgelagerten Felsrücken, in dessen Klüften das Schmelzwasser den Weg nach unten sucht, wo es 5 km entfernt in 915 m als Waldbachursprung mit 3,6° Wärme hervortritt. Verstopft aber der kreideartige Schlamm der Grundmoräne oder das vorrückende Eis selbst diese Wege, so entsteht ein kleiner, trüber See, auf dem die vom Wasserdruck abgesprengten Eisstücke umherschwimmen. Auch in vulkanischen Gebieten, wo die Spalten des Bodens und der lockere Schutt das Schmelzwasser verschlucken, gibt es viele Gletscher mit unterirdischem Abfluß oder mit nur schwachem Bächlein. So versinkt am Kilimandscharo, nach Hans Meyers Beobachtungen, das meiste Schmelzwasser in dem klüftigen vulkanischen Gestein und in der Lavaasche; es bilden sich keine starken Schmelzbäche, und damit fehlen auch die Gletscherthore.

Die Zunge des Buarbrägletschers in Harbanger, Norwegen. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 372.

Die Gletschererosion.

Auf dem Boden, den ein Gletscher kürzlich verlassen hat, sind die hervorragenden Klippen abgeschliffen oder wenigstens angeschliffen oder tragen Kritzer, die der Längsrichtung des

Gletschers parallel laufen. Besteht der Boden aus Kalk, so haben ihn die aus dem Eis hervorstürzenden Schmelzwässer in die Form eines Karrenfeldes zerschnitten und zerwühlt. Dabei beobachtet man, daß im oberen Teil des Gletscherbettes die Schrammen unbestimmt stumpf, seicht sind; sie sind oft unter der Lupe nur an ihrer helleren Farbe zu erkennen. Es ist mehr Abnutzung als Schliff. Weiter unten findet man dagegen in gleicher Richtung schon wahre Politur; ganze Felsbänke sind abgeglättet, und die Spiegelflächen glänzen beim Dolomit oft sogar metallisch. Helmersen führt eine Gletscherschramme auf silurischem Kalk der Insel Gotland von 7 m Länge, fast 1 m Tiefe und 60 cm Breite an. Anderes Material ist weniger empfänglich. Kristallinische Schiefer, besonders Glimmerschiefer, zeigen oft gar keine Abnutzung durch das Eis; auch wo sie lange unter dem Gletscher lagen, bilden sie einfache Scherbenfelder. In warmfeuchtem Klima gehen die Gletscherspuren rasch verloren und ebenso dort, wo der zersprengende Frost stark arbeitet. An den niederschlagsreichen Hängen des Himalaya tritt in der Zone alter Glazialwirkungen das Kahr und der Hochsee vor der Regenschlucht und dem Erosionstrichter, den Werken reicher Niederschläge, ganz zurück, und selbst die Gletscherschliffe sind selten, da sie verwittert sind.

Zahlreiche Beobachtungen bezeugen, wie gering an vielen Stellen die unmittelbare Abtragung durch das Gletschereis ist. Die Wand, über die ein Gletscher abstürzt, ist trotz der großen mechanischen Wirkung des Eises wenig abgeschliffen, jedenfalls nicht wie von einem großen darüber hingehenden Gletscher. An der Altels zeigte die Absturzstelle der großen Gletscherlawinen von 1895 gar keine Spur von Abschleifung. Hier sieht man, wie wenig die Geschwindigkeit in der Gletschererosion bedeutet, solange es sich um reines Eis handelt. Es ist wohl richtig, daß die Langsamkeit der alpinen Gletscher die Erosion hemmt, aber wenn der langsam zu Thal gehende Gletscher Schutt an seinem Grunde zu bewegen hat, erodiert er doch. Wenn Forel 1886 in der Höhle des Arollagletschers vergebens nach Spuren der Wirkung des Eises auf seinen Boden suchte, so muß man erwägen, daß das Eis hier nur locker aufruhte und gar keine Bewegung zeigte. So sind überhaupt die Angriffsstellen des Eises auf seinen Boden immer nur beschränkte. Die Plastizität des Gletschers verhindert, daß er mit seinem ganzen Gewicht auf die Hindernisse drückt, die ihm entgegenstehen. Statt dessen umgeht er vielmehr die Hindernisse, legt sich aber in alle Vertiefungen seines Bettes hinein. Wie Wasser taucht das Eis in Vertiefungen des Gletscherbodens, und oft ziehen bedeutend verlängerte Zungen von seinem Rand in eine tiefe Schlucht als kühn geschwungene Eiskaskade hinab. Sie tauchen aber auch aus diesen Vertiefungen wieder heraus, und man sieht auf alpinem Gletscherboden Schrammen, die in einem Winkel von 12° aufwärts gerichtet sind. Daran muß man bei der Aushöhlung kleinerer, flacher Seenbecken mit einfacher Höhlung oder mit einer Reihe hintereinander folgender Einsenkungen denken. Deswegen finden wir in den Werken der Gletschererosion den beständigen Wechsel in der Höhe des eisüberflossenen Bodens und sehen in dem Bett des Gletschers so viele unzusammenhängende Vertiefungen, die großen, flachen Strudellöchern zu vergleichen sind. Die Gletscher, die sich gleichsam eingegraben haben, sagt M. Déchy vom Südabhang des Montblanc, haben vom Felsgerüst der Protoginrampe nur zernagte Nadeln übriggelassen. Und gerade so ist es mit den Felseninseln im Gletscher: wenn seine Stoßkraft sich auf alle Punkte seines Bettes mit gleicher Stärke richtete, würde er ohne Zweifel die inselartig aus ihm hervorragenden Rundhöcker abschleifen. Statt dessen staut er sich vor ihnen und weicht mit Massen von gesteigerter Dicke nach beiden Seiten aus, wodurch es eher geschehen mag, daß er den Rundhöcker noch deutlicher hervortreten läßt, ihn „aus seiner Umgebung herausmodelliert" (Diener).

Verlegen wir diese Wirkung auf einen größeren Schauplatz, so sehen wir, daß ein Eisstrom, der über eine Felsenstufe sich wälzt, eine Stauung am Fuß dieser Stufe erfährt, weil der vorangehende Abschnitt des Stromes sich auf geringerem Gefälle langsamer bewegt. Dadurch wird die Reibung des Gletschers und seiner Grundmoräne am Boden des Bettes an dieser Stelle vermehrt, und daher finden wir gerade hier bei Becken, die man als Eisaushöhlungen betrachten muß, die tiefsten Ausschachtungen. Die größte Tiefe solcher Becken liegt also im oberen Teil, was besonders bei den sogenannten Staffelseen häufig nachgewiesen ist (vgl. oben, S. 189); auch Geistbeck fand beim Kochelsee die Region größter Tiefe am Südrand, der dem Gebirge zu liegt, und vermutet, daß vor der energischen Zuschüttung durch ihre Zuflüsse auch Tegernsee und Schliersee ähnlich gestaltet waren. Endlich finden die Höhenunterschiede in einem Gletscherbett einen noch größeren Ausdruck darin, daß auch in der Höhenlage der Zuflüsse eines Gletschersystems die Ausgleichung fehlt, die allen Gliedern eines Flußsystems dasselbe Gefälle zu erteilen strebt. Der Hauptgletscher arbeitet sein Thal unabhängig von den Nebengletschern aus, die, indem sie zurückbleiben, mit der Zeit aus den höheren Thälern in das tiefere Hauptthal hinabstürzen, weshalb die von hoch oben in die Fjordbucht herabsausenden Wasserfälle auch ein Merkmal einstiger Eisbedeckung und Eisarbeit sind.

Ebenso untrügliche Zeichen wie der Boden des Gletschers trägt der Gletscherbach, der jahraus jahrein Schlamm führt. So mancher Weißbach trägt seinen Namen von der hellen Trübe, die der Gletscher von seinem Kalkgrund abreibt. Zwar schwankt die Schlammführung der Gletscherbäche mit den Jahreszeiten, aber sie erreicht schon in normalen Zeiten den hohen Betrag der Schlammführung von Gebirgsflüssen bei Hochwasser. Wir haben in einem früheren Abschnitt die Größe dieses Transportes zu schätzen gesucht (vgl. Bd. I, S. 561), und es genügt, an Hellands Messungen nordgrönländischer Gletscherabflüsse zu erinnern, die auf 1 cbm Wasser im Juli und August von 75 bis 2374 g Schlamm nachwiesen. Auch die Beschaffenheit der Geschiebe bezeugt die mechanische Arbeit des Wassers am Grunde des Gletschers. Wohl finden wir in den Moränen genug scharfkantige Blöcke, die zeigen, daß sie ihren Weg auf und in den Gletscher gemacht haben, ohne den Boden zu berühren, ohne abgeschliffen oder auch nur gekritzt zu werden; aber im allgemeinen wächst die Menge der gerundeten Geschiebe nach dem Ende des Gletschers zu, und besonders in den Seitenmoränen ist die Zunahme der Abrundung und Abschleifung vom Firnrand abwärts deutlich zu erkennen. Das Wasser allein thut diese Abschleifungsarbeit nicht; dieselbe mahlende Bewegung, die beim Aufeinandertreffen verschiedener Richtungen im Eisstrom entsteht und flache Becken aushöhlt, kann auch Steine abschleifen.

Die Zeit, in der die größten Binnenseen und die Gesamtheit der Fjordküsten — diese wahrscheinlich schon 1827 durch Esmark — rein auf Gletschererosion zurückgeführt wurden, ist vorbei. In dem gegenwärtigen Zustand der Gletschererosionsfrage, wo selbst die weitgehendsten Ansichten den Gletschern mehr eine nur nachhelfende, ausgestaltende Einwirkung zuschreiben, kommt sie uns wie Sturm und Drang vor. Daß die Gletschererosion aber dennoch eine tiefe Berechtigung in dem Komplex der Glazialerscheinungen hat, wird der unbefangene Beobachter zugestehen. Es ist kein Zufall, daß einer der ältesten Gletscherforscher, Venetz, zuerst die gekritzten Geschiebe und zugleich auch gewisse kleine Alpenseen auf Gletscherwirkungen zurückgeführt hat. Die augenscheinliche Zusammengehörigkeit dieser Erscheinungen, die in ihrer geographischen Lage sich ausspricht, ermutigte ihn zu diesem Schluß, und darin wird auch immer seine Berechtigung zu suchen sein. Verwitterung, Eis- und Wassertransport, Auflösung, Reibung und Losschürfung unter hohem Druck müssen als Werkzeuge der Gletscherarbeit anerkannt werden; aber ihre Werke wird man nicht verstehen, wenn man nicht die Mitwirkung der Bodenschwankungen und den richtunggebenden Einfluß des Baues des Bodens berücksichtigt, welche beide man wenigstens in der Fjordbildung (s. Bd. I, S. 444), vielleicht dem einfachsten Falle großartiger Gletschererosion, nicht mehr entbehren kann.

Fassen wir alles zusammen, was wir über die mechanische Arbeit des Gletschers kennen, so ist vor allem mit solchen übertreibenden Ausdrücken wie Aushobelung oder Ausschaufelung aufzuräumen, denn sie verschieben das mechanische Bild. Das Nächste und Offenkundigste bleibt immer die Transportleistung, womit der Gletscher samt dem Gletscherbach die allgemeine Abtragung unterstützt. Der Eistransport führt zu einer Ab- und Ausräumung des Gebirges, indem der gesamte Verwitterungsschutt der Gehänge und Höhen, zum Teil auch die in den Thälern aufgespeicherten Massen, auf, in und unter dem Eise abwärts getragen werden, um als Stirn-, Grund- oder Seitenmoränen tiefer unten angehäuft zu werden. Daraus ergibt sich eine Verbindung des Gletschertransports mit allen schutterzeugenden Thätigkeiten, durch welche das Wort Gletschererosion eine ganz neue Bedeutung gewinnt. In der Höhe, wo Gletscher fließen und Felswände über Gletscher hinausragen, ist die Frosterosion besonders groß. Wir haben früher gesehen, wie mit jedem Frost ein Staubabwittern an den Felswänden einhergeht, und unzweifelhaft trägt auch die nächtliche Abkühlung der Gletscherumgebung zur Zersprengung der Gesteine bei. Heß und Blümcke beobachteten an dem durch den Rückzug des Eises freigelegten Gletscherboden des Hintereisferners Zerfall und Zerklüftung, die um so stärker waren, je weiter sie vom Eisrand entfernt lagen, je länger sie also bloßgelegt waren. Blöcke von mehreren Kubikmetern waren losgesprengt und harrten nun der Kraft, die sie thalabwärts tragen soll. Mit dem Vorrücken des Gletschers wird diese kommen und wird zugleich durch die Verhüllung mit Eis den Boden gegen die Sprengwirkung der Temperaturwechsel schützen. Es bedeutet also jeder Gletscherrückgang die Freigebung des Felsbodens für Sprengwirkungen durch Temperaturwechsel, jeder Gletschervorstoß die Ausräumung des entstandenen Schuttes. In der Wiederholung dieser Vorgänge liegt sicherlich ein besonders kräftiges Werkzeug der Erosion. Es ist darum sehr wahr, was Baltzer sagt: „Man hat viel und übertrieben von der thalfurchenden Wirkung der Gletscher gesprochen und zu wenig von dem großartigen horizontalen Abtrag.“

Ernährung und Wachstum des Gletschers.

Der Gletscher ist in beständigem Werden. Hoch über ihm erscheint auf den Gebirgshöhen der Schnee als erster in einer Reihe von Umwandlungen, die weiter unten als Firn, Gletschereis und Gletscherbach hervortreten. Sie entstehen unter dem Einflusse zweier nach unten wachsenden Kräfte: Wärme und Druck. Insofern liegt in dieser Übereinanderschichtung etwas Typisches, gerade wie aus anderen Gründen auch die Reihenfolge Endmoräne, zerklüfteter Untergrund mit den Rinnen der Gletscherabflüsse, Geschiebe- und Sandfläche, über welche der Gletscherbach sich vielarmig verteilt, als etwas unter vielerlei Umständen Wiederkehrendes, weil im Wesen der Sache Liegendes uns entgegentritt. Jene vierfache Aufeinanderfolge Schnee, Firn, Eis, Wasser kann aber natürlicherweise nicht als eine strenge Viergliederung verstanden werden, als ob etwa die Gletschermasse von der Oberfläche bis zum Grund am Unterende nur aus Wasser, dann aus Eis, in der Mitte aus Firn und oben aus Schnee bestände. Das Eis greift vielmehr an der Sohle des Gletschers in die Firnmulde über, und unter dem Hochschnee liegt allezeit Firn. An der Oberfläche mag man wohl oder übel durch eine Firnlinie Gletscher und Firn scheiden (vgl. oben, S. 315), für die Tiefe hat eine solche Sonderung keine Geltung. Auch gibt es lange Zeiten im Jahre, wo die ganze Gletscheroberfläche in Schnee gehüllt ist, der so weit in Firn übergeht, als er nicht abschmilzt oder verdunstet, und wo jeder Querschnitt im unteren, eigentlichen Gletscherabschnitt eine Schichtung von Schnee, Firn und Eis von oben nach unten wahrnehmen läßt. Mit jedem Schneefall wiederholt sich diese Einhüllung, die

aber in viel großartigerem Maße das Herabgewehtwerden des Schnees durch Wind von den Wänden des Gletscherthales bewirkt. Den Höhepunkt dieser Thätigkeit bezeichnen natürlich die verschiedenen Gattungen von Lawinen, die, durch steile Thalwände begünstigt, auf den Gletscher herabstürzen. Besonders bei den Gletschern, die langsam ihren Weg von den höheren nach den tieferen Teilen des Gebirges zurücklegen, kann man also nicht einfach sagen, es seien stetig bewegte Massen, in die im Firngebiet Materie in Form von Schnee eintritt, während im Abschmelzungsgebiet Materie in Form von Wasser austritt. Das wäre eine höchst schematische Vorstellung, die weit von der Wahrheit abläge. Man wird den Vorgang der Gletscherbildung richtiger so fassen können: aus einer Höhe, wo feste Niederschläge sich ansammeln, wenn sie günstig gearteten Boden finden, steigen sie, durch Wärme und Druck immer mehr sich verdichtend und unterwegs durch Schnee, Regen, Reif und Tau sich bereichernd und den mit dem Herabsteigen zunehmenden Abschmelzungs- und Verdunstungsverlust zum Teil ersetzend, bis in eine Tiefe hinab, wo die überwiegende Abschmelzung und Verdunstung ihrer Ausbreitung ein Ende setzt. Ihre Entstehung und ihre Ausbreitung ist daher abhängig von der Höhe und Form des Bodens, von der Masse und Verteilung der Niederschläge und von der Verteilung der Wärme.

Gletscherschwankungen.

Die Gletscher sind in allen Zeitaltern *schwankende* Erscheinungen gewesen. So wie die diluvialen Gletscher wuchsen und wuchsen, bis in Deutschland zwischen der nordischen und der alpinen Eisausbreitung nur noch der Raum von drei Breitegraden eisfrei war, und wie sie dann wieder zurückgingen, bis zwischen den Alpen und den skandinavischen Bergen kein Gletscher mehr übrig war, und vielleicht noch hinter ihr heutiges Maß, so schwanken sie auch in unserem Jahrhundert zwischen Vorschreiten und Rückgang. Selbst die Volkssage bewahrt die Kunde von der Vergletscherung blühender Alpenwiesen und der Eisverschließung vielbegangener Pässe. Man wollte daraus einst den Schluß ziehen, daß große einmalige Änderungen des Klimas eingetreten seien. Heute wissen wir, daß jede Generation die Gletscher vorrücken und zurückgehen sieht. Selbst solche Beobachtungen, wie De Saussure mitgeteilt und Forbes bestätigt hat, daß Gletscher erschienen und verschwunden seien, kommen uns nicht mehr unglaubwürdig vor; Forbes behauptete, am Fuß der Aiguille d'Argentière das leere Bett eines Gletschers wahrgenommen zu haben, der weggeschmolzen war. Natürlich kann es sich dabei nur um kleine Gletscher handeln.

Am mittleren Gletscher äußert sich das *Wachstum* durch ein Vorrücken in der Richtung seines Fließens, das bei mittleren Alpengletschern selten mehr als 20 m im Jahr erreicht, aber in einer ganzen Vorstoßperiode das Gletscherende wohl 1000 m über seinen alten Stand hinausführt, ferner durch Zunahme an Breite und Mächtigkeit. Dieses Vorrücken zeigt sich übrigens nicht bloß in dem Abstand der Endmoränen aus verschiedenen Wachstumsperioden, sondern auch in manchen mehr landschaftlichen Symptomen: das Eis steht hart neben rasenbewachsenen Flächen, und der Widerschein des Grüns der Pflanzen liegt auf dem blassen Grünweiß der Eiszunge; Rasenstücke, die das Eis von ihrer Grundlage losgelöst hat, ehe es über sie weggeschritten ist, finden wir am inneren Fuß der Moräne, die Moräne selbst hat ihren Steilabfall auf der Gletscherseite, der die Folge der Höhe und Steilheit des Gletscherendes ist, die Anschwellung des Gletscherendes sieht der Wanderer von ferne, denn der gerundete Eisrücken wölbt sich über der Moräne; die Vorderseite des Gletschers ist steil und von zahlreichen Spalten durchsetzt, und spaltenreich sind auch die inneren Partien des Gletscherendes, Steilwände im Bett des Gletschers, die sonst den kahlen Fels zeigten, sind nun mit großen Eishängen bedeckt.

Das Kürzerwerden der Gletscherzunge ist das auffallendste Merkmal des Rückganges, aber bei weitem nicht das einzige. Der zurückgehende Gletscher verliert an Höhe, und seine vorher gewölbte Oberfläche sinkt ein, wird konkav. Gebleichte Felswände, die den Gletscher einfassen, werden durch das Sinken des Eises freigelegt, und Teile der Mittel- und Seitenmoränen, die eisbedeckt gewesen waren, treten hervor, die Seitenmoränen hängen nun wie Strandlinien frei an den Thalwänden, der Gletscher verliert einen Teil seiner Spalten, die sich schließen, seine Zunge verdünnt sich dem Ende zu, tiefe Moränen werden freigelegt, und an Steilabfällen treten die Felsgrundlagen aus dem Eis. Schmale, von Pflanzenwuchs entblößte, mit Schutt bestreute Streifen vor dem Gletscher und darüber hinaus eine frische, niedrige Endmoräne, aus welcher der Grundmoränenlehm noch nicht ausgewaschen ist, bezeichnen ebenfalls neuerlichen Rückzug.

Die genauen Ausmessungen setzen uns in die Lage, den Massenverlust zu schätzen, den eine Rückgangsperiode den Gletschern zufügt. So können wir annehmen, daß von 1820 bis 1875 am Hüfigletscher 1,5 Millionen cbm mehr Eis abgeschmolzen sind, als durch den Gletscher nachgestoßen wurden, während am Hintereisferner in der letzten Rückgangsperiode der Verlust 115 Millionen cbm und an dem unter ungewöhnlichen Bedingungen stehenden benachbarten Vernagtferner 240 Millionen cbm betrug. Die Zunahme an Mächtigkeit belief sich am Karlseisfeld von 1840 bis 1856 auf 20—25 m, die Abtragung von 1856 bis 1883 auf mehr als 60 m. Die Pasterze hatte von 1856 bis 1879 nach Seelands Messungen im untersten Teil beim Pfandlbach um 90 m, im obersten nächst der Hofmannshütte um 28 m abgenommen, woraus Seeland auf eine Abnahme um 328 Millionen cbm schloß. Der Rhonegletscher hatte bei dem Rückgang von 1856 bis 1882 in seinem untersten Teile 130—150 m an Mächtigkeit eingebüßt.

Die Steigerung der Bewegung durch das Anwachsen, ihre Abnahme mit dem Rückgang der Gletscher haben wir kennen gelernt (s. oben, S. 361). Es muß aber noch hervorgehoben werden, daß die Geschwindigkeit des wachsenden Gletschers nicht in demselben Verhältnis zunimmt, wie die Masse wächst. Das zeigt ja der Augenschein in der Zunahme des Querschnittes des wachsenden Gletschers. Auch folgen die Vorstöße kaltfeuchter Jahresreihen einander so dicht auf dem Fuße, daß man nicht annehmen kann, die gewachsene Masse sei so rasch herabgewandert, sondern sie wirkt vielmehr durch ihren Druck anstoßgebend. De Saussure hat zum erstenmal die allmähliche Abnahme der Eisströme und der Firnmassen in den Alpen beschrieben. Er schildert, wie große Gletscher zu kleinen werden, wie kleine Gletscher sich in Firnflecken auflösen, und wie Firnflecken völlig verschwinden. Wir können heute seine allgemeine Darstellung mit vielen Einzelheiten bereichern, aber das Wesen der Sache bleibt dasselbe. Doch ist vielleicht stärker zu betonen, daß der Rückgang der Gletscher immer auch von einem Rückgang des Firnes und der Firnflecken begleitet wird. Man findet einen Jochübergang, der früher leicht war, schwierig geworden, weil nackter Fels die Stelle eines schön gewölbten Firnrückens einnimmt. Zu gleicher Zeit dehnt sich das Weidegebiet der Herden aus, denn bald nach dem Freiwerden von Eis bedeckt sich der mit Firnschlamm gedüngte Boden mit frischem Pflanzenwuchs. Selbst die landschaftliche Physiognomie der Firnfleckenzone ändert sich, wenn viele von den glänzend weißen Unterbrechungen des Braun und Grau verschwinden oder bedeutend kleiner werden.

Die erste wissenschaftlich beobachtete Gletscherschwankung begann 1814 in den Alpen mit einem Vorstoß, der kurz, aber wirksam war; ihm gehören einige der auffallendsten, seitdem nie mehr erreichten Anschwellungen von Gletschern um 1818 und 1820 an. Vielleicht ist das Wachstum von 1818 nur durch das von 1776 bei einigen Gletschern übertroffen worden; Zeugnis dafür ist das Eindringen in Wälder, die unter der Gletscherzunge auf alten Moränen aufgewachsen waren, wie es vom Glacier des Bois berichtet wird. Damals stieg der untere Grindelwaldgletscher bis 983 m herab, ein Stand, den er nie mehr erreicht hat; auch der Suldenferner

am Ortler und der Vernagtferner im Ötzthal erfuhren, jener 1818, dieser 1820, ein auffallendes Wachstum. Es folgte ein Rückgang, darauf 1830 bis 1837 ein zweiter, lange währender und zum Teil unbestimmt verlaufender Vorstoß. Eine neue Abnahme setzte bei vielen Gletschern der Alpen um 1850 ein, bei manchen erst nach 1860, und diese Phase des Rückganges, der 1871 bis 1875 allgemein wurde, zeigte seit dem Ende der siebziger und dem Anfang der achtziger Jahre die Neigung zum Umschlag ins Vorrücken, zunächst im Stehenbleiben, die seit 1896 einem erneuten Rückgang Platz macht.

Jahre des Beginnes großer Gletschervorstöße sind in den letzten Jahrhunderten wahrscheinlich 1592, 1675, 1767 gewesen; weniger beträchtliche Vorstöße waren 1630, 1712, 1735. Wo man im stande ist, die Zeit genau zu bestimmen, die zwischen zwei größeren Vorstößen liegt, erhält man bei Alpengletschern 40—50 Jahre. Norwegens Gletscher scheinen in einigen Gebieten einen sehr starken Vorstoß um die Mitte des 18. Jahrhunderts erfahren und ihre Moränen bis 1000 m über die heutige Gletschergrenze vorgeschoben zu haben. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts erst erlaubte die Vervielfältigung der Gletscherbeobachtungen auch in außereuropäischen Gebieten, die Allgemeinheit dieser Schwankungen nachzuweisen. In den neunziger Jahren ist Rückgang festgestellt worden an den Gletschern des Kaukasus, des Altai, des Tiënschan, wo Fedtschenko sogar an ein vollständiges Verschwinden einiger glaubt, in Nord- und Südamerika, besonders stark an nordwestamerikanischen, selbst an afrikanischen Gletschern. Auch Grönland schien einige Beweise dafür zu liefern.

Die einzelnen Abschnitte eines Gletschers treten zu ganz verschiedenen Zeiten in den Vorstoß oder Rückgang ein. Simony erzählt, daß, während das Wachstum des Karlseisfeldes am Dachstein in der unteren Stufe sich bis Mitte der fünfziger Jahre fortsetzte, der etwa 200 m höher liegende Abschnitt schon von 1845 an ein schwaches Einsinken der Oberfläche erkennen ließ; auch der Gosaugletscher offenbarte Zeichen des Stillstandes schon 1850 und trat dann zugleich mit dem unteren Karlseisfeld Mitte der fünfziger Jahre den Rückgang an. Ähnlich hatte zu einer Zeit, wo der Zufallferner im Ortlergebiet stark im Rückgang war, um 1855, sein äußerster, von der Veneziaspitze herabkommender Zufluß, der Hohe Ferner, noch alle Zeichen des Wachstums; erst später schloß auch dieser sich dem allgemeinen Rückgang der Ortlergletscher an. In den beiden ersten Fällen hat man den Eindruck, daß die vergrößerte Firnmasse dem unteren Teile zugeflossen ist, aber keinen gleich starken Ersatz von obenher gefunden hat. In dem dritten Fall war der Zuwachs vom Firn aus später in die unteren Teile des hohen Ferners gelangt als in die tiefer hinabreichenden Sulden- und Zufallferner. Kleinere Schwankungen der Firnmassen, die gar nicht in den Gletschern zum Ausdruck kommen, werden oft über zwei oder drei Jahre beobachtet. Die Stauung durch Verlangsamung der Bewegung in einem breiten, flachen Gletscherende machte sich besonders beim Suldenferner 1818 bemerkbar, der beim Heraustreten aus der Thalenge zu einem hohen, steilen Eisberg von 80 bis 100 m Mächtigkeit anschwoll, dessen wilde Zerklüftung die Stärke seiner inneren Bewegung kundgab.

Eine der merkwürdigsten Erscheinungen, die noch weit entfernt ist, erklärt zu werden, ist die *Wanderung dieser Schwankungen* von einem Ende eines Gebirges zum anderen. Die Alpen nehmen in einer so großen Bewegung nur eine kleine Stelle ein, und doch lassen sie Unterschiede je nach der geographischen Lage erkennen. Der letzte Vorstoß machte sich z. B. im Westen früher geltend als im Osten, was sich selbst auf dem engen Gebiet der Schweiz wie ein Ostwandern der Bewegung darstellt; so erschien er auch in den Ostalpen zuerst 1885 am Ortler und Adamello, also zehn Jahre später als am Montblanc, und seit 1891

wurde in der Ötzthaler und Stubaier Gruppe diese Vorwärtsbewegung beobachtet, die seitdem bis in die Tauern gewandert ist. In den Schwankungen der Gletscher zeigt sich jeder einzelne selbständig. Verraten auch die Gletscher einer geographischen Gruppe eine gleiche Tendenz der Größenänderung, so stimmen doch benachbarte nicht genau überein. 1898 gab es unter 67 Gletschern der Schweizer Alpen, deren Schwankungen gemessen wurden, 55 in Abnahme, 12 in Zunahme. In demselben Jahr waren in der verhältnismäßig kleinen Stubaier Gletschergruppe 12 in Abnahme, 3 in Zunahme, einer in Stillstand. Aus der Großglocknergruppe wurde im vorhergehenden Jahr gemeldet 5 Gletscher in Abnahme, einer in Zunahme, einer in Stillstand; vom Ortler 7 in Abnahme, 5 in Zunahme, 3 in Stillstand.

Maßstab 1:14000 Alte Gletschergrenze Schutt und Blöcke auf Eis 0 100 200 300 Mtr.

Zunge des Vernagtferners in den Ötzthaler Alpen. Nach der Karte des Deutsch-österreichischen Alpenvereins, 1897.

In einer Periode des Vorrückens nehmen in einer größeren Gletschergruppe die kleinsten die Führung. So ist in der Montblancgruppe der Glacier des Bossons allen anderen vorausgegangen, so in der Ötzthalergruppe der Gaisbergferner den nächsten Nachbarn, so scheint in den Tauern der Gliederferner den Vorstoß der neunziger Jahre eingeleitet zu haben. Auch kommen immer individuelle Ausnahmen von einer großen Bewegung vor. Z. B. erlebten Ferpècle- und Arollagletscher in den Penninischen Alpen, die seit 1850 oder 1855 in Abnahme waren, in den Jahren 1893 und 1894 einen leichten Vorstoß, der sie um 10 bis 15 m anwachsen ließ; aber er blieb dem Rückzug untergeordnet, der später wieder hervortrat.

Der Vernagtferner (s. die obenstehende Karte), von dessen Ausbrüchen wir oben, S. 371 gesprochen haben, verdient noch eine besondere Erwähnung wegen des Zusammenhanges seiner Ausbrüche mit den allgemeinen Gletscherschwankungen. Ihr Auftreten in den Jahren 1770, 1820 und 1845 läßt schon das zeitliche Zusammenfallen erkennen. Der Vernagtferner endigt bei normalem Stand 1,4 bis 1,8 km oberhalb der Ausmündung eines Seitenthales des Rofener Thales, das seinerseits ein Zweig des Venter Thales ist. Sein Wachstum vollzieht sich ungemein rasch. Nachdem man 1840 die ersten Zeichen desselben beobachtet hatte, stand im November 1843 der Gletscher 1330 m von der Zwerchwand ab, war bis zum Oktober des folgenden Jahres 570 m und in darauffolgenden 225 Tagen ganz bis zur Zwerchwand mit derart steigender Geschwindigkeit vorgerückt, daß die tägliche Bewegung in dem vordersten Teil von 2,1 auf 4 und zuletzt auf 11,8 m gestiegen war. Dreizehn Tage nach dem Eintreffen des Eises im Rofener Thal hatte sich bereits eine Wand von 320 m Breite und 55 m Höhe über die Rofener Ache gelegt. In den

fünfziger Jahren wich der Vernagtferner langsam zurück und stand zuletzt etwa 2 km hinter seinem äußersten Punkt. Finsterwalder schätzte seinen Volumverlust in dieser Zeit des Rückganges auf 240 Millionen cbm. Das ist das Doppelte des Verlustes anderer Gletscher der Ostalpen in derselben Rückzugsperiode. Seit Anfang der neunziger Jahre war der Vernagtferner wieder im Vorrücken; seine Bewegung war in demselben Profil von 1889/91 bis 1897/98 von 17 auf 177 m im Jahr gestiegen, er war mächtiger und breiter geworden, alles Vorboten eines zu erwartenden Vorstoßes. Die Gletscherzunge aber hatte merkwürdigerweise unter allen diesen Veränderungen noch ihre Lage bewahrt.

Über die näheren **Beziehungen zwischen den Schwankungen der Gletscher und den Klimaschwankungen** ist man noch nicht klar. Ein allgemeiner Zusammenhang mit der 35jährigen Periode, in der kaltfeuchte und warmtrockene Jahre wechseln, ist vorhanden und zwar so, daß, wie zu erwarten, Vorstöße kaltfeuchten Jahresreihen entsprechen. Aber welcher Zuwachsperiode entspricht ein bestimmter Vorstoß? Klima- und Gletscherschwankungen entsprechen einander weder zeitlich genau, noch hat man sich zu denken, daß der Gletscher gerade um so viel wächst, als seinem Firnboden mehr Schnee zugeführt wird. Man bedenke, daß ein Firnteilchen in einem großen Gletscher Jahrhunderte braucht, um seinen Weg bis zur Zunge zu machen. Die Jahre, die einen Überschuß von Niederschlägen bringen, vermindern immer auch die Abschmelzung und Verdunstung, lassen also den Gletscher größer werden. Anderseits vermehrt die wachsende Masse des Firnes die Geschwindigkeit und vermindert damit die Möglichkeit des Abschmelzens für jedes einzelne Eisteilchen auf seinem Wege.

Es wirken also Zufuhr und verminderte Abtragung zusammen, und zwar diese aus zwei Gründen: Wärmeabnahme in der Luft, Geschwindigkeitszunahme im Eis. Dazu kommen dann bei jedem einzelnen Gletscher die örtlichen Bedingungen der Firnansammlung und des Eisstromes. Zwischen den Änderungen der Niederschlagsmengen und den Schwankungen der Gletscherlänge kann daher noch weniger eine einfache Proportionalität bestehen als zwischen jenen Änderungen und dem Ausflusse des Wassers aus einem Seebecken. Wenn wir sehen, daß ein großer See, wie der Bodensee, jährliche Schwankungen bis zu 2 m erfährt, so schließen wir daraus, daß in demselben eine Anhäufung des Wassers bis zu einem bestimmten Maß und, daran sich reihend, eine größere, länger dauernde Entleerung stattfindet, die über die Größe des Zuflusses hinausreicht, also übermäßig ist. Anders können die Verhältnisse auch nicht beim Gletscher liegen; nur kommt bei diesem noch der Einfluß der ungemein langsamen Fortbewegung hinzu. Ein Zuwachs des Gletschers aus der Firnmulde steigert die Geschwindigkeit des Gletschers im oberen Abschnitt und vermehrt mittelbar seine Masse, die bei stärkerer Bewegung einer geringeren Abtragung unterliegt. Aber in dem nächst tieferen Abschnitt bewegt sich eine Eismasse, die unter entgegengesetzten Einflüssen kleiner und langsamer geworden ist, und hemmt die stärkere Bewegung der hinter und über ihr folgenden. Erst wenn in dieser die Zunahme so groß geworden ist, daß sie die Hemmung überwindet, drängt sie diesen seichteren und langsameren Abschnitt zusammen, der nun dadurch an Querschnitt und Geschwindigkeit gewinnt. Nachdem sich in dieser Weise der von oben ausgehende Anstoß des Wachstums durch den ganzen Gletscher fortgepflanzt hat, erscheint seine Wirkung am unteren Ende als Wachstum der Länge und des Querschnitts und als beschleunigte Bewegung. Mit anderen Worten: die Zunahme im Firngebiet wirkt durch den Druck bis ans Gletscherende lange, ehe sie selbst dort angelangt ist.

Aber damit ist noch nicht die Frage beantwortet, wie der Zuwachs einer Jahresreihe imstande ist, der gewaltigen Masse eines ganzen Gletschers so starke Anstöße zu geben. Noch bieten uns die meteorologischen Beobachtungen keine genaue Auskunft über die Größe dieses

Zuwachses. Damit ist die wichtigste Größe in den üblichen Erklärungen der Gletscherschwankungen noch vollständig unbekannt. Ebenso unbekannt sind aber die Vorgänge im Inneren des Gletschers. Man erwäge, daß in einem mittleren Gletscher der Alpen Eismassen enthalten sind, die seit weit über zwei Jahrhunderten die Firnmulde verlassen haben. Also wandern in einem Gletscher auch die Zufuhren von verschiedener Größe, die in den verschiedenen Jahresreihen, entsprechend klimatischen Schwankungen, das Firngebiet verlassen haben. Friedrich Simony hat darauf das Bild jener gewaltigen Flußgeschwelle (s. oben, S. 257) angewendet, die im Amazonenstrom in hintereinanderfolgenden, durch Intervalle niederen Wassers getrennten fünf bis zwölf Flutwellen über 400 km aufwärts wandern. Im Gletscher mag heute der Zuwachs einer kaltfeuchten Jahresreihe, die vor hundert Jahren ablief, das Ende anschwellen machen; im Firnbecken mag zu gleicher Zeit die fünfte oder sechste Wachstumsperiode für einen neuen Zuwachs das Material ansammeln. Wir halten es daher für sehr fraglich, ob man z. B. den Vorstoß von 1818 ohne weiteres mit den unmittelbar vorhergehenden feuchtkalten Perioden in Verbindung bringen kann, wie ziemlich allgemein angenommen zu werden scheint. Das ist eine zu große, fast gefährliche Vereinfachung der Erklärung.

Rückblick auf die Entwickelung der Gletscherkunde.

Die Gletscherkunde ist ein Kind der Alpen. Nachdem das Altertum und das Mittelalter die „Eisberge" keiner Beachtung gewürdigt hatten, begannen sie die Geister im 18. Jahrhundert zu beschäftigen, zuerst ausschließlich Schweizer, die insofern an eine Art von Volkswissenschaft anknüpfen konnten, als sie aus einem reichen Schatz von Gletscherbenennungen der Volkssprache und von Sagen und Überlieferungen über Gletscherbewegungen schöpften, die zum Teil in die Gletscherkunde übergegangen sind. Nach Scheuchzer kamen De Saussure und Gruner, die bereits einzelne Erscheinungen, wie die Bewegung und den inneren Bau der Gletscher, heraushoben, dann Hugi, Charpentier, Rendu, die man die Väter der Gletscherkunde nennen könnte. Mit Agassiz begannen die umfassenden Vermessungen, Forbes stellte das Problem der Gletscherbewegung auf den physikalischen Boden, auf den ihm Tyndall, Helmholtz, Pfaff u. a. folgten. Die Alpenvereine und die aus ihnen hervorgegangene internationale Gletscherkommission verallgemeinerten und verteilten die Arbeit über weitere Gebiete, und auf einer Fülle von Beobachtungen erhoben sich dann die exakten Messungen der Gletscher selbst und die Beobachtungen über den inneren Bau des Gletschereises, die sich an die Namen Emden und Finsterwalder knüpfen. Es ist ein Fortschreiten von unvollkommenen Beschreibungen zu vollkommeneren, zur genauesten Messung und zum Experiment. Die Kenntnis von den außeralpinen Gletschern schritt nur langsam voran. Erst Ramond hat im Jahr 1789 die Gletscher der Pyrenäen beschrieben. Hausmann sagte 1812 in seiner Übersetzung des Wahlenbergschen Berichtes über Messungen von 1807 u. s. w., daß man bis dahin nicht einmal völlige Gewißheit besessen habe, „ob Skandinavien im Besitze wahrer Gletscher sei". A. von Humboldt zweifelte trotz seiner Kenntnis des Cotopaxi und Chimborasso, ob es in den tropischen Anden Gletscher gebe, und erst Moritz Wagner gab 1868 eine Schilderung des Gletschers im Kraterbecken des Altar; gletscherähnlichen Eisbildungen, die er am Cotopaxi und Chimborasso sah, wagte er, in alpinen Erinnerungen befangen, den Namen Gletscher nicht beizulegen. Aus dem tropischen Afrika hat Hans Meyer 1889 zuerst echte Gletscher beschrieben (Kilimandscharo). Es ist interessant, der Beweisführung zu folgen, welche 1847 B. Studer im Lehrbuch der physikalischen Geographie anstellte, um das angebliche Fehlen der Gletscher in „den Anden von Peru, im größeren und höchsten Teil des Himalaya und in anderen Gebirgen, die sich hoch über die Schneegrenze erheben", zu erklären. Er führt an, daß abwechselnde Gegensätze der Temperatur in der Regel in den Tropen nicht vorkommen, womit man A. von Humboldts Angabe vergleiche, welche in der Nacht „den Winter der Tropen" erkennt; es soll ferner auf den Anden eine Trockenheit herrschen, welche den Schnee eher in Dampf als in Wasser verwandle (was aber die Erhaltung großer Firnmassen jenseits 5000 m nicht hindert); endlich sollen am Südabhang des Himalaya mehrere Monate andauernde warme Regen und Winde den Gletschern entgegenwirken. So groß wie die Schwäche ist die Ungenauigkeit dieser durchaus unzutreffenden Gründe.

F. Das Inlandeis.

Inhalt: Das Inlandeis. — Die Eisberge. — Bodeneis und Eisboden.

Das Inlandeis.

Als der amerikanische Polarforscher Elisha K. Kane 1853 und 1854 an der Westküste von Grönland bis 82° 30′ vordrang, war er sehr erstaunt, daß die Eskimo, wo immer er sie nach dem Inneren Grönlands frug, die Antwort hatten: „Sermik". Sermik heißt Eis. Mit Recht deutete Kane diese übereinstimmenden Aussagen auf eine ausgebreitete Eisbedeckung des Inneren. Er selbst sah das Inlandeis nur vom Rand her, nennt es aber ganz treffend „ein Meer von Eis, eine wellige Ebene". Lange vor ihm hatten Grönlandforscher die Gletscher, die fast ununterbrochen das Auge des an der grönländischen Küste Hinfahrenden fesseln, als Thalgletscher, die in örtlich beschränkten Firnfeldern entspringen und als Zungen des Inlandeises unterschieden. Später schilderte Helland das Inlandeis „wie ein Meer, das sich in Wellenlinien am Horizont verliert". Überall fand man das gleiche einförmige Bild, wo man ins Innere Grönlands eindringen mochte. Wo ein Gletscher aus dem Inlandeis herauskommt, da ist der Gegensatz seiner zerklüfteteten Oberfläche zu der fast spaltenlosen Eisfläche überraschend. Diese zerklüfteten Ränder haben später manche Versuche vereitelt, in das Innere Grönlands vorzudringen und die hohe mächtige Eisdecke dieses größten Polarlandes kennen zu lernen. Nachdem Nordenskiöld 1870 und 1883 ohne Erfolg von einer Reise auf das Inlandeis von dem Aulatsikfjord an der grönländischen Westküste (68° nördl. Breite) zurückgekehrt war, gelang es Nansen 1888, von dem Umiviksfjord an der Ostküste aus (64° 20′) das Inlandeis zu überschreiten. Am 16. August hatte er die Überschreitung begonnen, am 27. September war sie mit der Erreichung der Davisstraße im Ameralikfjord siegreich vollendet. Nordenskiöld hatte 1870: 56, Jansen 1878: 67, Nordenskiöld 1883: 117, Peary 1886: 160 km auf dem Inlandeis zurückgelegt.

Seit Nansens Reise wissen wir, daß dieses über 1 Million qkm große Land Grönland mit Eis bedeckt ist, das nur einen Küstenstreifen, der stellenweise sehr schmal ist, und vorgelagerte Inseln frei läßt. Der Ausdruck „typisches Bild eines Landes in der Eiszeit", den Nansen von der grönländischen Ostküste gebrauchte, können wir nun auf das ganze Land anwenden. In dieser Eismasse liegt alles Wasser beisammen, das die Niederschläge über Grönland ausgießen; sie vereinigt in sich Quellen, Bäche, Seen und Ströme. Dort, wo wir in anderen Ländern die Mündungen der Ströme suchen, die ein so großes Land entwässern, im Hintergrunde der Küstereinschnitte, stoßen wir in Grönland auf Eismauern (s. die Abbildung, S. 384), die in beständiger Bewegung herabdrängen, am Meer abbrechen, Eisberge bilden und sich in raschem Vorwärtsdrängen erneuern. Die Eisströme mit ihren blauen, starren Stirnen ersetzen in der Hydrographie der Polarländer die Wasserströme und Seen milderer Klimate. Das Inlandeis bedeckt Grönland von 61° bis wo Peary in 82° den Nordrand der Insel gesehen zu haben glaubt. Die mächtige Eiswand des Humboldt-Gletschers in 79 und 80° nördl. Breite ist ein Inlandeisabfluß. Grinnell-Land, niedriger als Grönland, von geringerer Ausdehnung und trockener von Klima, hat eine Eiskappe im Norden und eine im Süden, von denen Greely die nördliche auf 16,000 qkm schätzte. Zwischen den beiden gibt es in Gletscherspuren Zeugnisse eines alten Zusammenhanges. Durch jede Öffnung der Berge sieht man von diesen Firnmeeren Gletscher herabsteigen; einer von ihnen fällt mit 60 m hoher Eiswand nach dem Hazen-See ab.

Zwischen 81 und 82° nördl. Breite fand man dagegen im Juli das vom Kennedy und Robeson-Kanal nach dem Westlichen Eismeere sich erstreckende Land sogar schneefrei, mit einziger Ausnahme des „Rückgrates" desselben, dessen Höhe Greely auf 800—900 m schätzte; er reiste 125 km landeinwärts, ohne Schnee zu betreten.

Noch vor dem grönländischen Inlandeis ist das des spitzbergischen Nordostlandes durchwandert und erforscht worden. Die schwedische Expedition von 1861 fand im Inneren des über 600 m hohen Landes jenseits von 500 m ein zusammenhängendes, mit losem Schnee bedecktes Eisplateau, aus dem sich nur wenige Berggipfel, wohl aber einige 30—40 m hohe, von Norden nach Süden sich erstreckende Eiswälle erheben. „Diese von keinen tieferen Thälern unterbrochene Eisebene bildet deutlich den eigentlichen Firn und die Quelle der zahlreichen in das

Der Mi-Sú-Mi-Sú-Gletscher, Nordgrönland. Nach R. Peary, „Northward". Vgl. Text, S. 383.

Meer mündenden Gletscher", sagt Nordenskiöld nach den Angaben von Chydenius und nennt in seinem Berichte diese Eisdecke einfach „Landeis". Aber dieses Landeis ist doch von dem grönländischen darin verschieden, daß es nicht in breiten Massen an das Meer herantritt, sondern mit einer hohen, stellenweise senkrechten Eiswand nach den tieferen Teilen der Küste abfällt, die eisfrei davor liegen. Die Weiße Insel im Nordosten Spitzbergens schildert Nathorst als „völlig weiß vom Gipfel bis zum Meer, eine mehrere hundert Meter hohe regelmäßige Wölbung aus Firn und Eis. Auf allen Seiten taucht diese Decke ins Meer, wo von ihrer Steilwand große würfelförmige Eisberge abbrechen". Eine steile Eisküste umgürtet Neu-Friesland (s. die Abbildung, S. 385). Die Gletscher, die in Nowaja Semlja von 72° an auftreten, breiten sich von 74° Grad an inlandeisartig aus. Daher wird auch gewöhnlich der 75. Grad nördl. Breite als die Grenze großer Eisberge an der Westküste dieser Inseln angegeben.

Auf eine merkwürdige Variation des Inlandeises deuteten zuerst Payer hin, wenn er die Inseln von Franz Josefs-Land „blasenartig" mit Eis überzogen oder übergossen nannte, und Nansen, wenn er die kleine Adelaïde-Insel im Nordosten dieses Archipels beschreibt als „mit einem Gletscher bedeckt, der sich wie ein regelrechter Schild darüber hinwölbte; alle Seiten

fielen langsam ab, und so gering war die Neigung, daß unsere Schneeschuhe auf der Schneekruste nicht einmal von selbst glitten. Man sah keine Eiskante und keinen Eisberg; der Eis- und Firnschild ging allmählich in fast unmerklicher Weise in das Buchteneis des Meeres über." Das, was schon Payer mit dem Ausdruck „blasenartige Eisdecke" bezeichnete, war für Nansen nur die Wiederholung im kleinen der beinahe mathematisch regelmäßigen Wölbung des grönländischen Inlandeises. Die Basaltinseln von Franz Josefs-Land müssen eine sehr gleichmäßige Oberfläche darbieten, daß Firn und Eis fast überall flach gewölbt nach allen Seiten wie ein Eisschild ins Meer abfallen. Ähnlich stellt sich nach den Berichten der „Belgica" Alexanderland dar, dessen Inlandeis in einen langsam nach dem Meere zu sich senkenden Eisstreifen übergeht, der seinerseits eng mit dem von Eisbergen durchsetzten Küsteneis verbunden ist.

Die Eisküste von Neufriesland (Spitzbergen), von der Hinlopenstraße aus gesehen. Nach Martin Conway, „Spitzbergen". Vgl. Text, S. 384.

Die Inlandeismassen der Antarktis kennt man großenteils nur von ihren Rändern her, welche die vielbesprochenen Eisküsten der antarktischen Länder bilden. Schon an den kleinen Inseln, die noch diesseit des südlichen Polarkreises liegen, steigen steile Eiswände 10—15 m über dem Meeresspiegel empor. Die Bouvetinsel in 54° 26′ südl. Breite „ist mit einem ausgedehnten Gletscherfeld bedeckt, welches auf der sanft geneigten Süd- und Ostseite bis zum Meeresspiegel sich herabsenkt und dort mit einer senkrechten Eiswand abbricht" (Chun). Über Südgeorgien s. oben, S. 351. In völlig ungestört gleichmäßiger Lagerung, mit geringen Unterschieden von 90 m langsam auf 50 m herabsinkend, ohne jeden bemerkenswerten Einschnitt, zieht „die große Eismauer" am Nordrande des Victorialandes hin (s. die Karte, S. 386). Nur die steilsten Abfälle sind unvergletschert, wenn sie hoch genug sind. Aber noch Abhänge von mehr als 30° Neigung tragen eine zusammenhängende Eisdecke. Borchgrevink sah bei seiner kurzen Inlandeiswanderung von der Küste des Victorialandes aus im Februar 1900 eine unabsehbare weiße, kaum merklich nach Süden ansteigende Fläche mit nur örtlichen Anläufen zur Stufenbildung. Bei der wahrscheinlich beträchtlichen Ausdehnung des Landes in der Antarktis kann man dort eine Ausbreitung des Inlandeises für möglich halten, wie sie nur in der diluvialen Eiszeit auf

der Nordhalbkugel vorgekommen sein mag. Mit ihr verglichen, ist das grönländische Inlandeis noch eine beschränkte Erscheinung, abhängig vom Gebirgsbau. In den Randgebieten der Antarktis finden auch noch Einzelgletscher Raum. Selbst Grahamland zeigt unter seiner Eisdecke Thäler, die in einer Zeit gebildet sein müssen, als hier fließendes Wasser an der Thalbildung arbeitete. An einigen Stellen ist dadurch die Eisdecke in Gletscher zerlegt. Durch einen „Eisarm“, d. h. einen Gletscher, ist die Insel Snowland an Louis Philippe-Land festgehalten. Wenn im allgemeinen die kleinen Inseln der Antarktis stärker vergletschert zu sein scheinen als die größeren, so muß man an den größeren Schneereichtum denken, den sie empfangen, besonders wo sie den Weststürmen offen liegen; außerdem sind sie zum Teil durch ihre flache, abgerundete Gestalt, wegen deren Arktowski die nördlichen Biscoe-Inseln „großen Walfischrücken, die über das Meer hervortauchen“ vergleicht, so recht geeignet, einen zusammenhängenden Firn- und Eismantel zu tragen.

Roß beschreibt folgendermaßen seine Annäherung an die Eiswand von Victorialand unter 76° 6′ südl. Breite und 168° 11′ östl. Länge. „Als wir uns dem Lande näherten, sahen wir eine niedrige weiße Linie, soweit wir sehen konnten, von Osten nach Westen sich erstrecken. Sie bot einen merkwürdigen

Die Eisschranke von Süd-Victorialand. Nach „The Journal of the Royal Geographical Society“, 1900. Vgl. Text, S. 385.

Anblick, indem sie stetig an Höhe gewann, in dem Maße als wir uns näherten, und endlich sich als eine senkrechte Eiswand erwies, zwischen 50 und 60 m hoch über dem Meeresspiegel, oben vollkommen flach und ohne alle Spalten oder Vorsprünge an der seewärtsgewandten Seite; in ihrer ganzen Ausdehnung konnten wir nicht die geringste Spalte wahrnehmen.“ Nur am Fuße lagen kleine Eisbrocken. Am südlichsten Punkt, 78° 4′ südl. Breite, den Roß am 2. Februar 1841 erreichte, war die Eismauer noch 50 m hoch und dehnte sich noch immer weiter aus. An einer einzigen Stelle gelang es Roß, die Oberfläche der Eismauer von der Mastspitze aus zu erblicken. „Sie schien ganz glatt zu sein und machte den Eindruck einer ungeheueren Fläche von oxydiertem Silber.“ Was aber ihren Grund anbelangt, so meint Roß, er ruhe nicht auf dem Meeresboden auf, und schließt dies aus der bedeutenden Tiefe in der Nähe der Eismauer, wo 290 Faden gelotet wurde.

Seitdem Nordenskiöld 1883 in 117 km Entfernung von der Küste die Höhe von 1510 m auf dem Inlandeis erreicht hatte, wußte man, daß die Eisdecke Grönlands hoch ansteige. Helland schon, der im Fjord von Ilartdlek das Eis 200 m hoch gesehen hatte, meinte, daß es im Inneren wohl noch mächtiger sein werde. Aber erst Nansens Durchquerung hat uns das erste Bild der Oberflächengestalt des Inlandeises gegeben. Seine zahlreichen Beobachtungen zeigen uns ein ziemlich starkes Ansteigen des Inlandeises von Osten und Westen her, besonders von Osten; die Steigung nimmt allmählich ab, je weiter man sich von den Küsten entfernt, und im Inneren Grönlands ist die Eisdecke ziemlich flach. Der höchste Punkt Nansens liegt bei 2718 m, näher der Ost- als der Westküste. Garde gibt weiter südlich sogar 3000 m an, und die

Höhen scheinen nach Norden hin zu steigen. Auf der Ostseite ragen die höchsten Spitzen und Kämme des Gebirges inselartig als „Nunatakker" aus dem Eise hervor. Von kleinen Unebenheiten abgesehen, wölbt sich das Inlandeis mit leichter Steigung nach Norden wie eine Kegelfläche, und zwar so regelmäßig, wie wir es von einer gleichförmigen, zähflüssigen Gletschereismasse erwarten müssen, deren Form in erster Linie dem Drucke folgt. Nur der äußerste Rand des Inlandeises wird durch die Formen des Landes aufgelöst und in Eisströme gegliedert, sozusagen zerfranst. So hat auch Greely in Grinnell-Land die Eisoberfläche einwärts vom Archer- und Greely-Fjord fast spaltenlos gefunden, nur von leichten Hebungen und

Rand des Inlandeises in Grönland. Nach E. v. Drygalski, „Grönland".

Senkungen belebt. Der Firn, der an den Rändern mächtig ist, wird dort nach dem Inneren zu dünner, bis endlich das klare Eis zu Tage liegt.

Die Oberfläche des Inlandeises ist im Inneren flachwellig, und Nansen beobachtete, daß die Kämme dieser flachen Wellen ungefähr nordsüdlich gerichtet waren; er schreibt sie vorwaltenden Winden zu. An den Rändern zeigen sie dagegen größere Unebenheiten; Nansen fand Spalten an der Ostküste 15, an der Westküste 45 km vom Rand entfernt; Garde begegnete ihnen bis 1000 m Höhe. Die nach allen Seiten abfallenden schildförmigen Inlandeishüllen antarktischer Inseln zeigen oft ein ganzes Netzwerk von Spalten, die am Scheitel einander mosaikartig durchkreuzen und nach dem Rande zu Querspalten werden. Schmelzbäche (s. die obenstehende Abbildung) fand Nansen in Grönland auf kleinen Strecken in der Nähe der Küsten; sonst bestand überall im Inneren die Oberfläche aus trockenem Schnee, auf dem die Sonne nur dünne Eiskrusten zu bilden vermag. Dunkler Staub erzeugt einschmelzend Vertiefungen, die scharenweise

auftreten, 5 cm breit, 50 cm tief werden, im Hochsommer ihre größte Tiefe erreichen und dann durch die Abtragung der ganzen Gletschermasse erst hervortreten und danach verschwinden.

Das Inlandeis hat keine eigentliche Moräne. Wo an den grönländischen Eisströmen Seitenmoränen auftreten, die oft 30—40 m hoch sind, muß man sie als das Ausgehende großer Innenmoränen auffassen. Sie sind homolog den Endmoränen der Alpengletscher. An seinen Rändern lagert das Inlandeis beim Abschmelzen spärlich Steine und Erde ab, die auf dem sie unterlagernden Eis wallartig hervortreten können, und auch diese Ablagerungen werden leicht von den Schmelzwässern des Inlandeises selbst wieder fortgespült. Einzelne über das Eis hervorragende Berge und Klippen liefern das Material zu Schuttstreifen, die man ebenfalls als schwache Vertreter der Moränen betrachten kann. Von der Oberfläche her gerät Schutt auf den Grund des Inlandeises und bildet mit dem dort losgescheuerten Sand und Staub eine Grundmoräne, die indessen von den unteren geschichteten Lagen des Eises nicht zu trennen ist. Ganz anders sind die Moränen der felsumrandeten Gletscher. Am Fjord von Ilartdlek fand Helland am Rande des Inlandeises eine Moräne von kaum Manneshöhe, während die Seitenmoräne des tiefer unten liegenden selbständigen Gletschers 16 m hoch war. Nordenskiöld

Längsschnitt durch den Karajakgletscher in Grönland und das angrenzende Inlandeis.
Nach E. v. Drygalski.

entdeckte in zahlreichen Vertiefungen des randlichen Inlandeises lehmige Massen, die bis zu 4 m mächtig waren und Nickeleisen enthielten, weshalb er ihnen kosmischen Ursprung zuschrieb.

Die Mächtigkeit des grönländischen Inlandeises ist bei unserer Unbekanntschaft mit seiner Unterlage nicht zu bestimmen. Es sind nur allgemeine Schätzungen möglich, die davon ausgehen können, daß Grönland an seinen Küsten und freiliegenden Teilen sich als ein Gebirgsland erweist, dem mit hoher Wahrscheinlichkeit ein dem skandinavischen ähnliches Massengebirge zuzuschreiben ist. Wenn wir voraussetzen, wie Nansen es thut, daß diese Ähnlichkeit vorhanden ist, erhalten wir eine Eishöhe von weit über 1000 m, vielleicht von nahe an 2000 m über mancher Thalsohle. Im nördlichsten Grönland dürfte die Mächtigkeit des Inlandeises wegen schwächerer Ernährung abnehmen, und dem entsprechen auch breitere Säume eisfreien Landes auf der Ost- und Westseite.

Ganz allmählich gehen die Eisströme aus dem Inlandeis hervor; keine scharfe Grenze ist ihnen zu ziehen (s. den obenstehenden Längsschnitt). Erst wenn man ihre Bewegung betrachtet, erkennt man, daß das Inlandeis selbst sich langsam bewegt, seine Eisströme dagegen mit Schnelligkeit dem Meere zustürzen. Helland hat uns zuerst genaue Angaben über die Bewegung der Inlandeisströme gemacht; beim Gletscher von Jakobshavn, der nur einen halben Grad Neigung hat, fand er eine Bewegung bis 22,5 m in 24 Stunden, während Drygalski 19 m im Karajakeisstrom nachgewiesen, aber schon wenige Kilometer vom Abbruchrande nur noch 11 bis 12 m gefunden hat. Von jahreszeitlichen Einflüssen sind diese Bewegungen unabhängig. Eigentümliche Vertikalbewegungen scheinen ein Schwellen des Eises gegen den Rand hin und ein Einsinken nach innen zu bewirken; sie haben nichts mit der Ablation zu thun. Schwankungen in größeren Jahresreihen scheinen auch hier vorzukommen.

Der Humboldtgletscher in Nordwestgrönland gab durch seine gewaltige Länge und Höhe zuerst eine Vorstellung von ungewöhnlichen Eismassen im Inneren Grönlands. So wie die ersten Entdecker, Kane und Genossen, ihn erblickten als eine mehr als ein Viertel des Gesichtskreises einnehmende und bis 80 m hohe, weiße, grünliche und bläuliche, durch Längs- und Querspalten zerklüftete Eismauer, erschien er als etwas ganz Neues an dieser Küste voll steiler Felsvorsprünge und unersteiglicher Klippeninseln. Sie fanden bei näherer Prüfung, daß die Eismauer an einigen Stellen stufenförmig eingestürzt war, so daß man über Riesentreppen bis zur Höhe von 80 m emporklettern konnte, wo dann ein langsam sich wölbender Anstieg von noch nicht 1 m auf den Kilometer in weite, immer nur von Eis begrenzte Fernen führte. Man fand auch tiefe Schluchten, wie sie das rauschend herabstürzende Wasser in den Gletscher schneidet, und vom Fuße der Mauer sah man Riesenquadern als Eisberge davonschwimmen.

Unter dem ersten Eindrucke der gewaltigen Erscheinung glaubte man hier den einzigen Ausfluß des mächtigen Inlandeises, die Ausgußrinne des großen Eisbehälters Grönland zu sehen, weshalb Kane den Humboldtgletscher als „das einzige Hindernis für die Inselnatur Grönlands" erklärte. Später hat man die „Eisüberschwemmung", wie Rink es nannte, außer im Süden, wo die südgrönländische Erhebung einen Wall gegen das Inlandeis bildet, in den entlegensten Teilen Grönlands wiedergefunden. An zahlreichen Stellen tritt das Inlandeis an das Meer heran, wobei es entweder breite Eiswände bildet oder mit den Küstengletschern sich verschmilzt. Die verschiedensten Küstenformen werden dadurch hervorgerufen. Ein gewöhnlicher Gletscher tritt mit einer sehr breiten, niederen Wölbung, die einen einzigen schönen Bogen bildet, an das Meer heran. Ein steil herabsteigender, zerklüfteter endigt mit dem Querschnitt einer Masse von Klippen, Schluchten, Höhlen, Blöcken, dessen Formen- und Farbenreichtum zum Schönsten der Polarwelt gehören. Küstengletscher legen zwischen sich und das Meer die Endmoräne, die ihr Wachstum hemmt, bis ihr Eis über sie weg neuerdings das Meer erreicht. Greely sah im Grinnell-Land Eiswände in Seen eintauchen, wo sie dem Seeboden aufruhen.

Die erste Ansicht über die Entstehung des Inlandeises ist von der allwinterlichen Erfahrung des Zufrierens der fließenden Wässer Grönlands ausgegangen. Auch die lebhaftesten Bäche der eisfreien Küstenthäler gefrieren, ehe sie das Meer erreichen. Wohl verlassen zahllose Wasseradern das Innere des Inlandeises, dessen Temperatur über dem Gefrierpunkte liegt, aber sie erstarren, sobald sie in die kalte Außenwelt hinaustreten, und um so rascher, je mehr sie sich zerteilen und ausbreiten. Über die erste Eisschicht legt sich bald eine zweite, und viele andere folgen, bis im Laufe des Winters Eiswälle von mehreren Metern Höhe sich vor die Bäche und über die Quellen bauen. Kehrt mit dem Sommer die höhere Temperatur zurück, so schneidet sich das fließende Wasser in das Eis ein und zerstückt es, aber wir wissen aus Drygalskis Beobachtungen, daß auch Reste davon übersommern und in neue Eiswallbauten des folgenden Winters eingehen. Versetzen wir uns in die Zeit zurück, wo das einst mildere Klima Grönlands rauher zu werden anfing, so konnten immer rauhere Winter und immer weniger milde Sommer wohl Eisanhäufungen bewirken, die von unten nach oben zunahmen; aber so mit Rink die ganze Inlandeisbildung als eine vom Tieflande hinaufwachsende Eisüberschwemmung aufzufassen, will uns doch nicht gelingen. Denn wo bliebe da das viel mächtigere Hinabsinken der Firngrenze und mit ihr der gewaltigen Firnmäntel, Gletscher- und Schneedecken? Nicht in der Tiefe können die Anfänge des Inlandeises liegen, sondern nur in den Höhen, deren Temperatur viel früher unter den Punkt sank, wo die Herrschaft des festen Wassers beginnt. Bedürfte es eines Beweises dafür, so liegt er in den mächtigen subarktischen Gletscherbildungen, die den Übergang vom Inlandeis zu den Gletschern unserer Gebirge bilden.

Eine offene Frage ist noch die des Verhältnisses des Inlandeises zu dem Boden, auf dem es ruht. Rink hatte geglaubt, es werde sich in eine Anzahl von großen Gletscher- und

Firngebieten gliedern lassen, die ebensovielen hydrographischen Becken entsprächen. Nansen hatte ihm eine wesentlich von den inneren Kräften des Eises abhängige Form zugeschrieben. Drygalski nimmt eine mittlere Stellung ein; wenn er auch Rinks Abflußbecken nicht nachweisen kann, so steht für ihn doch das Inlandeis mehr unter den Bedingungen des Bodens als für Nansen. Er hält den Osten Grönlands für das Nährgebiet, den Westen für das Abflußgebiet; schon Nansen hatte die Lage der Höhenachse des Inlandeises auf der Osthälfte Grönlands nachgewiesen. Zahlreiche dunkle Felsklippen, Nunatakker, durchbrechen das Eis auf der Ostseite, und auch weiter im Norden treten hohe Gebirge auf derselben hervor.

Die Eisberge.

Das Meereis kann durch Wogendrang, der Eisplatte über Eisplatte schichtet, und durch verkittenden Frost Bergform annehmen, aber der eigentliche Eisberg ist stets ein Kind eines großen Gletschers und besonders des Inlandeises. Die Entstehung der Eisberge ist im Wesen immer die Loslösung eines meerwärts geschobenen Gletscherstückes vom Gletscher. Die Art der Entstehung ist aber verschieden. Entweder bricht ein Stück Gletscher einfach vom Steilrand ab und stürzt ins Meer; das ist der einfachste Fall, der große Eisberge nur dann liefert, wenn eine Trennungsfläche die ganze Dicke des Gletschers durchsetzt. Aber hierfür ist das unzerklüftete Hinauswachsen des Gletschers über eine sanftgeneigte oder flache Unterlage nötig. Da schiebt sich denn die zusammenhängende Eismasse so weit in das Meer hinein, bis der durch ihr geringeres spezifisches Gewicht verursachte Auftrieb die Eiszunge aufwärts drängt; das ist also ein Bruch nach oben. Oder das Eis schiebt sich ins Meer hinaus, bis sein Rand auf dem Wasser schwimmt; dann tritt der Bruch abwärts ein, befördert durch die Bewegung des Wassers gegen die Unterseite des Eises. Dies scheint nach Rinks und Hammers Beobachtungen der häufigste Fall zu sein; darauf weisen auch die so verschieden weit in das Meer vorspringenden Eiszungen hin. In allen diesen Fällen sagt man: das Eis „kalbt“. Beim Absturz wälzt sich der Eisblock nicht selten auf die Seite, so daß dann Eisberge zum Vorschein kommen, deren Durchmesser größer ist als der des Gletschers selbst. Drängt vom Meere her Packeis gegen das Land, wie es im Winter der Fall ist, so hemmt die dadurch bewirkte Stauung die Eisbergbildung. Anderseits verlängert der Gletscher selbst seinen Boden, auf dem er ruht, indem er seine Schlammabsätze in seichten Buchten vorschiebt; damit verlegt sich mit der Zeit die Zone der Eisbergbildung seewärts.

Aus Südgeorgien schrieb 1882 P. Vogel: Ungemein häufig wurde das Abbrechen mächtiger Stücke der Eisstirne beobachtet, die mit donnerähnlichem Getöse in das Wasser herabfielen und oftmals den größten Teil der Oberfläche der Bucht mit Treibeisstücken erfüllten. Es entstanden dabei Wellen, die beinahe im stande waren, das 1,5 km davon vor Anker liegende Boot der Station umzuwerfen. Ganz ähnlich beschreibt Borchgrevink das Kalben des Inlandeises an der Küste von Victorialand, unter Bildung gefährlicher, 5—6 m hoher Wellen. Unmittelbar nach dem Sturze sah man an der Bruchstelle eine Art von Wasserfall herabfließen, ob von Wasser oder Eisstaub, konnte nicht entschieden werden. Von der Station auf Südgeorgien und Umgegend aus sah man die meisten Eisberge Ende April. Von einer 70 m hohen Anhöhe wurden am 24. April deren 36 gezählt, die zum Teil von sehr beträchtlichen Dimensionen waren. Am 28. Mai sah man einen, dessen Höhe auf 200 m geschätzt ward, und mehrere verirrten sich auch in die Bucht. Die Gestalt der Mehrzahl von ihnen war die für die antarktischen Eisberge charakteristische tafelförmige. Von S. M. S. Moltke aus beobachtete man in $52\frac{1}{4}^0$ südl. Breite und $42\frac{1}{2}^0$ westl. Länge einen Eisberg von 1200 m Länge, 1000 m Breite und 36 m Höhe. Niemals aber sah man Stein- oder Schuttmassen oder Schmelzbäche auf den Eisbergen.

Die ungemein ausgedehnten Inlandeiswände, die man in der Antarktis findet, lassen heute keinen Zweifel mehr über die Herkunft des vom „Südpol losgerissenen Eises“ aufkommen,

wie Pöppig poetisch ausgreifend bei Erwähnung der Eisberge von der Magalhaesstraße sagt. Roß hat darüber zum erstenmal eingehend gesprochen. Er hatte schon aus der Größe und Gestalt antarktischer Eisberge ihre Herstammung aus der Eismauer für wahrscheinlich gehalten. Zudem sah er selbst die Veränderungen, die durch den Eisbergabbruch entstanden. Als er 1842 dieselbe Stelle besuchte, wo er das Jahr vorher gewesen, fand er die senkrechte Eisklippe bei Kap Crozier am Fuße des Terror auf die halbe Höhe zusammengesunken oder vielmehr zerklüftet und zerbrochen. Allerdings geht dieser Prozeß nicht regelmäßig vor sich. Roß meint, die Temperaturdifferenzen des Winters begünstigten ihn, und so erklärt er, daß er im Januar 1841 fast 300 km an der Eisschranke des Victorialandes hinfuhr, ohne einen Eisberg zu sehen. Eher hat man in diesem Gebiet wohl an ein rasches Forttreiben der Eisberge vor günstigen Winden zu denken.

Bodeneis und Eisboden.

In hohen Breiten gefriert der Boden, wo nicht mächtige Schneelagen ihn schützen, so tief, daß die Sommerwärme ihn nicht ganz auftauen kann, und es entsteht ein dauernd gefrorener Boden, Eisboden. Solchen Boden einfach „Bodeneis" zu nennen, wie vielfach üblich ist, verbietet das Vorkommen von Eis von ganz anderer Entstehung im Boden. Bodeneis ist ein weiterer Begriff als Eisboden. Der Eisboden würde auch in den kältesten Regionen der Hochgebirge sich bilden, wenn nicht dort der Boden entweder aus Fels bestände oder von einer schützenden Schnee- und Firndecke verhüllt wäre. Aber in den Gebirgen Sibiriens und Nordwestamerikas ist er wohl weiter verbreitet, als wir mangels geeigneter Beobachtungen wissen. Wenn wir vernehmen, daß am Nordfuße des Küenlün der Boden oberhalb 4000 m im September gefriert und damit das Goldsuchen unmöglich wird, halten wir es für möglich, daß etwas höher echter Eisboden in diesem und ähnlich gelegenen Gebirgen Zentralasiens vorkommt. Die Untersuchungen Ssergjews zeigen in der That, daß der Boden in den Höhen der Stanowoi- und Jablonoi-Gebirge 2—9 m tief dauernd gefroren ist. Darunter liegt Quellwasser. Nach denselben Untersuchungen, die durch die Frage der Wasserversorgung der Sibirischen Bahn hervorgerufen wurden, gefriert in Transbaikalien in jedem Winter Eisboden, der im Sommer wieder auftaut, mit einer Schicht zusammen, die bis über 9 m Tiefe gefroren bleibt. Auf solche Vorkommnisse führen wohl die Angaben von der Wechsellagerung gefrorener und ungefrorener Bodenschichten zurück. Je weiter nördlich, desto näher liegt der Eisboden der Oberfläche, am mittleren Anadyr ½, am unteren ⅓ m. Bei Jakutsk und bei Beresow taut der Boden nur bis zu 1 m Tiefe auf. Natürlich bedingt dies die Bildung ausgedehnter Sommersümpfe; auch hängt die eigentümliche Vegetationsform der Tundra eng damit zusammen. Ein großer Teil der sibirischen Wälder steht auf diesem dauernd gefrorenen Boden.

Es läßt sich nicht sagen, wie tief der Eisboden hinabreicht, wo er am tiefsten ist. Das Eis dürfte bei Jakutsk in etwa 90 m Tiefe dem auftauenden Einflusse der Erdwärme weichen. Unter 60° nördl. Breite ist es zwischen Witim und Olekma 40, unter 50° nördl. Breite in Transbaikalien noch 20 m mächtig. In Eurasien wird die Südgrenze des Eisbodens herkömmlich von Mesen aus, in der Nähe des Polarkreises östlich nach Turuchansk, gezogen und sinkt zwischen der Angara und Lena bis auf 56°, liegt am oberen Amur sogar in 47° und erreicht den Stillen Ozean in der Bucht von Ajan im Ochotskischen Meer. Doch hat man 1899 den gefrorenen Boden noch südlich von Omsk in 0,7 m Tiefe bei 24° Luftwärme gefunden, also in der Gegend des 55. Grades nördl. Breite, so daß vielleicht überhaupt eine südlichere Lage der Eisbodengrenze auch im Westen anzunehmen ist.

Gefrorener Boden in einer Zone und Tiefe, wo nach den heutigen Klimaverhältnissen kein Eisboden vorkommt, muß als ein Rest aus einer kälteren Vorzeit angesehen werden. So hat Kraßnow das in 10 m Tiefe bei Wladiwostok in 43° nördl. Breite vorkommende Eis als einen Rest alten Eises gedeutet. Solches Eis würde nicht dem Eisboden zuzurechnen, sondern als fossiles oder Steineis zu bezeichnen sein. Alles Eis, das sich gesteinsbildend an dem Aufbau der Erdrinde beteiligt, kann man Steineis nennen, wobei der Eisboden als gemischte Bildung ausgeschlossen ist. Von Toll unterscheidet Steineis in Adern und Gängen, neueres oder älteres Fluß- und Seeneis, das unter dem Schutze schlechter Wärmeleiter sich erhalten hat, und erhaltene Reste von Inlandeis. Scheiden wir zunächst das neuere Eis aus, das sich vorübergehend unter dem Schutze schlechter Wärmeleiter erhält, solches Eis, wie es z. B. Pallas am 1. Juli 1768 bei Twer fand, als der Rasen über etwas morastigem Boden aufgehoben und Eisbrocken von 1/4—1 Arschin (= 0,71 m) Dicke herausgehauen wurden, die, obwohl die Stelle von der Sonne beschienen, so lange sich erhalten hatten, nachdem das im Herbst unter der Decke angesammelte Wasser im Winter gefroren war. Solches und ähnliches Eis findet man als Lawinenrest unter grünender Erde, als Gletscherbruchstück Hunderte von Metern vor dem heutigen Gletscherende, auch als Rest eines zertrümmerten Eisflusses unter arktischem Küstenschutt. An solche Bildungen dachte wohl Schrenk, als er von den großen Dickhäutern, deren Leichen man wohlerhalten in Sibirien gefunden hat, annahm, daß sie in tiefem Schnee versunken seien, da ihren Resten gar keine Erde anhaftet. Dieser Schnee sei in Firn übergegangen und bei Überschwemmungen mit Erde bedeckt worden, die ihn samt seinen Einschlüssen erhalten habe. In kleinem Maße kommt „fossiles“ Eis in allen Gebirgen vor, die vergletschert waren oder sind; im arktischen Klima genügen sogar geringe Schuttmassen, die einen Gletscher bedecken, zu seiner Erhaltung, so liegt ein „toter“ Gletscher am Fuße des Tordenskjoldberges in Spitzbergen ganz unter Moränenschutt. Auch in der in ihrer niederschlagsarmen Zone gletscherlos gewordenen Snake River-Kette des westlichen Nordamerika kann eine unter dem 3900 m hohen Wheeler's Peak bei 3600 m in Schutt vergrabene Eismasse nur als ein subfossiler Gletscherrest gedeutet werden.

Steineis unter der Moosdecke am Yukon. Nach Israel C. Russell.
Vgl. Text, S. 393.

Frühere Gletschergebiete

Heutige Gletschergebiete

Die hauptsächlichsten früheren und heutigen Gletschergebiete der Erde.

Wo in einem kalten Klima das Grundwasser hervortritt, sei es als Quelle oder seichter See, gefriert es bei zunehmendem Froste bis auf den Boden, wodurch jene Eismassen entstehen, die der Russe in Sibirien Aufeis nennt. Vergänglichere Bildungen dieser Art hat Sven Hedin auf den Pamir gesehen, wo Quellen im Winter von Eiskegeln umgeben waren von 5 m Höhe und 68 m im Umfang, in denen sie standen wie in „Eisvulkanen". Während der Krater im Laufe des Winters zufriert, sucht sich das Wasser Wege durch Seitenkanäle. Wenn solches Eis bei Überschwemmungen verschüttet wird, entsteht eine andere Art von fossilem Eis, altes Flußeis, wie es Von Toll am Flusse Borürüch in Ostsibirien gefunden hat, wo darüber gefrorene Lehmmassen lagern, die wohlerhaltene Leichen von Mammuten umschließen. Solche Eisbildungen sind wohl in vielen Fällen nichts anderes als „Aufeis" von quartärem Alter. Nordische Flüsse schneiden derartiges Eis an; der Reisende auf dem Yukon sieht in den Uferabhängen unter dem dichten Moos und Wurzelgeflecht des Waldes das weiße Eis und mag sich an einem heißen Sommertag auch am Land an seiner Kühle erfreuen, wenn er es von der Moosdecke befreit, die es verhüllt und erhält (s. die Abbildung, S. 392). Am Yukon hat man es 8 m dick gesehen, während es an den Steilufern von Flüssen nördlich vom Yukon mehr als 30 m dick anstehen soll.

Die dritte Art von Steineis kommt im Lenadelta, an der Janamündung und auf den Inseln Ljächow und Kotelnoi, an der Indigirka und in der Eschscholtzbai vor. Es sind ausgedehnte diluviale Eismassen, die von quartären Schichten mit Pflanzenresten überlagert werden, und an deren Sohle an der Anâbarabucht eine Moräne nachgewiesen ist. Spalten dieses Steineises sind von demselben Lehm ausgefüllt, der darüber lagert; beim Abtauen bleiben sie als Säulen und Hügel von auffallender Form stehen. In den quartären Lehmmassen sind ausgestorbene Säugetiere begraben; das sind die Lagerstätten der Mammutleichen, die so massenhaft vorkommen, daß die Neusibirischen Inseln, besonders Ljächow, die südlichste, wahre Fundgruben von Mammutelfenbein sind. Nur Sommertemperaturen von nicht viel über 0°, wie sie hier herrschen, machen eine solche Lagerung möglich, von der Bunge sagt: „Beim Anblick dieser einstürzenden und abtauenden Erdmassen konnte ich mich des Gedankens nicht erwehren, daß, falls die Temperatur des Erdbodens der Insel sich nur auf kurze Zeit über 0° erhöbe, die Insel augenblicklich zu existieren aufhören müßte; sie müßte, in einen flüssigen Brei verwandelt, auseinanderfließen, und nur die vier Berge blieben übrig." Bunge meint hier die vier Granitrücken, die 150—300 m über den durchschnittlich 15 m hohen Eisboden ansteigen. Nach ihrer Lage und Ausdehnung sind diese Eismassen als Reste eines diluvialen Inlandeises aufzufassen. W. H. Dall hat eine ähnlich gelagerte Eismasse von 130—200 qkm Ausdehnung an der Yakutatbai in Alaska entdeckt.

G. Das diluviale Inlandeis.

(Vgl. hierzu die beigeheftete Kartenbeilage „Die hauptsächlichsten früheren und heutigen Gletschergebiete der Erde".)

Inhalt: Die diluvialen Eisdecken. — Spuren der Eiszeit in den Gebirgen Europas. — Ursprung der diluvialen Inlandeise.

Die diluvialen Eisdecken.

Aus Gründen, die wir noch nicht genau kennen (vgl. die Bemerkungen über Klimaänderungen im folgenden Abschnitte), kühlte sich das Klima der ganzen Erde am Ende der Tertiärperiode ab, und da damit eine Vermehrung der festen Niederschläge und eine Verminderung ihrer Abschmelzung eintreten mußte, wuchsen aus den Polargebieten und von den Hochgebirgen

Gletscher äquatorwärts und thalwärts, vereinigten sich miteinander und überflossen weite Gebiete mit Eis. Ohne Zweifel hätte in beschränkten Gebieten auch schon ein Feuchterwerden des Klimas Gletscher entstehen und anwachsen lassen können, und Forscher, die eine Scheu haben, große Klimaänderungen anzunehmen, gaben sich viele Mühe, nachzuweisen, daß die Eiszeit ohne Abkühlung entstehen konnte. Wenn wir aber auch von der ungeheueren Verbreitung der diluvialen Eisdecken und Eisströme absehen und von den Zeugnissen für ein allmähliches Kühlerwerden gegen den Schluß der Tertiärzeit, die uns die Geschichte des Lebens bietet, bleibt immer die greifbare Thatsache übrig, daß vom ersten Anfang an die Gletscher selbst durch ihr Wachstum Abkühlung bringen und dieselbe mit ihrem Weiterwachsen vermehren mußten. Erwägen wir die örtlichen Wirkungen eines kleinen Alpengletschers auf das Klima seiner Umgebung, so können wir uns ungefähr vorstellen, was ein 100,000mal so großer Gletscher an Wärme absorbieren mußte.

Das Eis, das Nord- und Mitteleuropa überflutete (vgl. die Karte „Mitteleuropa zur Eiszeit" bei S. 397), kam hauptsächlich von der Skandinavischen Halbinsel und von Finnland; auch die Berge von Großbritannien, besonders die schottischen Hochlande, und die mitteleuropäischen Gebirge, der Nordural und viele andere Höhen sandten Eisströme aus. Dieses Eis kam nicht einmal, sondern mindestens dreimal hergeflossen und lag in der Zeit seiner größten Ausbreitung von Irland im Westen bis nach Nordostsibirien hin auf dem Boden des heutigen Europa und Asien; im Westen erreichte es die nördlichen Teile von Irland und die Insel Man, den Bristol-Kanal, die Themsemündung, die mittlere Schelde, die Ruhr, im Osten aber ragte es viel weniger weit nach Süden. Island und die Färöer trugen besondere, bis zum Meere herabsteigende Gletscher. In der mittleren oder zweiten Eiszeit bedeutete seine Ausbreitung eine mächtige Verschiebung von Eis, Wasser und Oberflächengestein um volle 10—15° südwärts. Keilhack schätzt den skandinavischen Anteil am norddeutschen Diluvium auf 40 Prozent und meint, daß, mehr als man bisher glaubte, Sand- und Thonschichten der heutigen Ostsee und des norddeutschen Tieflandes dazu beitrugen. Felsgesteine von der Skandinavischen Halbinsel liegen auf den Shetlandinseln, im östlichen Schottland, am Humber, an den Rheinmündungen und bedecken einen großen Teil von Holland und Belgien; man findet sie am Teutoburger Wald und am Harz, in Westfalen und Braunschweig, in Sachsen längs einer Linie Zwickau–Chemnitz–Zittau, in der polnischen Ebene am Fuß der Karpathen, am Dnjepr bei Kiew und an der Wolga bei Nowgorod. Über dieses ganze Gebiet ist Glazialschutt in feinem und grobem Zustande verbreitet; noch bei Kalisch liegt ein erratischer Block von 10 m Länge und 6 m Höhe. Und mindestens zwei Fünftel dieses Schuttes haben ihre Heimat 10—15 Breitegrade weiter nördlich. Über dem zentralen Teile der Skandinavischen Halbinsel muß das Eis mindestens 1700 m hoch gelegen haben. Es breitete sich, ganz wie ein Gletscher, fächerförmig aus: nach dem Niederrhein und dem nordwestlichen Deutschland floß es von Schonen her südwestlich, nach Mecklenburg und Vorpommern von Bornholm südwärts, doch zeigen die zahlreichen Gesteine von den Ålandsinseln und Gotland, die man in Pommern findet, daß hier eine allgemeine Nordnordost-Südsüdwestrichtung vorwaltete. Im ganzen mag zur Zeit der größten Ausbreitung das Eis über 5 Millionen qkm, also mehr als die Hälfte Europas bedeckt haben. Damit war die größte geographische Veränderung gegeben, die man sich, nächst dem Untertauchen eines Landes ins Meer, denken kann. Alle Einzelmerkmale des Landes verhüllte die Eisdecke; Flüsse, Seen, Hügel, Klippen verschwanden. Welche Spuren dann das abschmelzende Eis zurückließ, und wie es an manchen Stellen mehr als 100 m mächtige Schuttlager aufhäufte, haben wir in Bd. I, S. 625 gesehen. Vgl. auch Bd. II, S. 188 u. f.

Das *nordamerikanische Inlandeis* floß von Labrador und den nördlichen Landhöhen auf der atlantischen Seite südöstlich bis zum 38. Grad nördl. Breite; auf der pacifischen Seite scheint es dagegen nur bis zum 62. Grade zusammenhängend gereicht zu haben. Hier waren dagegen die Felsengebirge und die Sierra Nevada weit nach Süden hinab viel mehr vergletschert als heute. Im Inneren reichte das Eis über den Südrand der großen Seen — gerade der Ontariosee lag im Wege der von den Hochflächen von Labrador herabsteigenden Eismassen, wo ihr Fortschritt durch die entgegenstehenden Adirondacks gehemmt, gestaut und zum Teil nach Südwesten abgelenkt wurde — dann fiel es in der Gegend des 100. Meridians nach Nordwesten zurück, so daß man recht wohl den Zusammenhang mit der heutigen Niederschlagsverteilung erkennt. Entsprechend der gewaltigen Ausdehnung und der Mächtigkeit der nordamerikanischen Eisdecke, die von Upham zwischen dem Sankt Lorenz und der Hudsonsbai auf 3200 m geschätzt wird, sind auch ihre Reste. Die Gletscherablagerungen Nordamerikas sind die ausgedehntesten, die man kennt. Eine Endmoräne beginnt südlich vom Kap Cod und zieht quer durch den Kontinent bis über das Felsengebirge hinaus. Sie zerteilt sich, entsprechend dem Gelände im äußersten Westen, doch können wir auch noch am Stillen Ozean eiszeitliche Ablagerungen deutlich nachweisen. Man kann also kühnlich von einer transkontinentalen Bildung sprechen. In Pennsylvanien bildet die Endmoräne einen gegen 700 km langen Zug, der einheitlich über Thäler und Höhen weggeht, den Delaware und Susquehanna kreuzt und auf den Vorhöhen der Alleghanies 760 m hoch liegt. Ihre Breite ist dort durchschnittlich 1,5 km.

Die Inlandeisdecke Nordamerikas wird auf 10—11 Millionen qkm, also etwas weniger als die unbekannte Antarktis, geschätzt. Grönlands Inlandeis, etwa 1,5 Millionen qkm bedeckend, ist im Vergleich dazu nur ein mäßiger Gletscher. Wenn in der Arktis zu Beginn der Eiszeit das Land um ebensoviel höher lag als in den Ländern der gemäßigten Zone, waren auch arktische Gebiete in bedeutend größerer Ausdehnung vergletschert als heute. Für Sibirien ist die Vereisung der nördlichen Teile durch die Beobachtungen Baron von Tolls auf den Neusibirischen Inseln, Nansens über Moränen und Schrammen auf der Taymir-Halbinsel nachgewiesen. Auch am unteren Ob und an der Mündung des Jenissei sind ähnliche Beobachtungen gemacht worden. Da nun an der Gleichzeitigkeit der eurasischen Eisbedeckung nicht zu zweifeln ist und, wenn auch die Parallelisierung nicht im einzelnen gelingt, die Eiszeiten Europas und Nordamerikas doch als übereinstimmende Erscheinungen bezeichnet werden können, so haben wir auf der nördlichen Halbkugel ein zusammenhängendes Gebiet, nicht viel kleiner als Afrika, das in der Diluvialzeit mit Eis bedeckt war. Eigentümlich ist die Lage dieser zirkumpolaren Inlandeise. Wenn wir von dem nordamerikanischen Inlandeis ausgehen, das bis gegen 40° nördl. Breite reichte, tritt schon das europäische um 10 Grad zurück, und in Asien liegen die kärglichen Spuren nur am Nordrande jenseits 70°. Mit Recht nennt Penck das Ganze eine wesentlich atlantische Bildung um einen etwa in der Mitte Grönlands 20° südlich vom Pole gelegenen Punkt, von dem die Südgrenzen überall gegen 40° abstehen.

Spuren einer *arktischen Eiszeit* in der einst größeren Ausdehnung arktischer Gletscher hat zuerst Payer nachgewiesen und zwar im Tiroler Fjord in Ostgrönland. Er fand hier vorgeschobene alte Endmoränen, die wie untere Terrassen der heutigen Endmoränen erschienen. Greely sah später 70 m unterhalb der Eiswand des Abbruchs des Gletschers im Hazensee das Zeugnis einer größeren Vergletscherung in einer Moräne. Ralph Tarr, der die jetzt unvereiste, 50—60 km vom Inlandeis seewärts hinausragende Halbinsel Nugsuak untersuchte, fand den Blocklehm, die erratischen Blöcke, die Quarz- und Granitgerölle und die Rundhöcker und zwar bis fast 400 m Höhe. Dieser Beobachter glaubt sogar, das alte Inlandeis sei hier über 1000 m mächtig gewesen, und nimmt eine alte Verbindung zwischen dieser

Ausbreitung und der Eishülle an, die einst auch Baffinsland bedeckt haben muß. Erratische Blöcke sind an vielen Stellen der Arktis nachgewiesen. Unter den ersten hat sie John Roß als Granitblöcke auf der niederen Kalksteinküste von Boothia Felix beschrieben. Später verzeichnete Kane eine große Zahl von erratischen Blöcken, die ihm durch Größe, Gestalt oder fremdartiges Material auffielen. Rundhöcker und andere Erzeugnisse der Eisbewegung fehlen nicht. Alles Land Ostgrönlands, das inlandeisbedeckt war, ist flach und rundlich; was dagegen hoch genug war, um darüber hervorzuragen, ist zerrissen, hat hohe, spitze Formen. Doch ist nirgends ausgeschlossen, daß hochgelegene Glazialformen durch die sehr wirksame postglaziale Verwitterung zerstört wurden. An vielen Stellen finden auch in Grönland noch immer Schwankungen in der Ausdehnung der Gletscher statt. Spuren stärkerer Vergletscherung zeigt die Südinsel von Nowaja Semlja. Auch auf der basaltischen Kronprinz Rudolfs-Insel im nördlichsten Teil vom Franz Josefs-Land sind Granitbrocken und Stücke verkieselten Holzes gefunden worden, die beide scheinbar von außen hereingetragen sind. Daß die Neusibirischen Inseln einst unter einer größeren Eisdecke lagen, beweisen die Ablagerungen ihrer heutigen Oberfläche und nicht zuletzt ihr fossiles Eis (s. oben, S. 391). Von Toll glaubt an eine Eisausbreitung von den Sannikow-Inseln her.

Die Vergletscherung Australiens in der quartären Eiszeit ist von R. von Lendenfeld im Gebirgslande Ostaustraliens nachgewiesen worden, wo er am Kosciuszko-Berg Gletscherspuren, bestehend aus polierten Felsflächen und Rundhöckern, bei 1800 m fand. In ähnlicher Höhe liegen auch kleine Seen, wie sie in anderen altvergletscherten Gebirgen so häufig gefunden werden (vgl. oben, S. 168 und 189), und ihre Umgebung trägt die Merkmale der Kahre, deren Ursprung ja auch in die Eiszeit zurückreicht. Nach Helms Untersuchungen dürften Eiszeitspuren sogar bis zu 1200 m herabreichen. Auch der höchste Berg von Victoria, der Bogong (1980 m), scheint in jenem kühleren Zeitalter Gletscher getragen zu haben, und daß Tasmania einst Gletscher in noch geringeren Höhen besaß, machen sein Seenreichtum und seine fjordähnlichen Küsten wahrscheinlich. An den 1200 m hohen Bergen steigen Gletscherspuren in großer Zahl bis über 600 m, an einigen Stellen noch beträchtlich tiefer herab. In Neuseelands Alpen, also auf der Südinsel, gingen die diluvialen Gletscher im südlichen Teil bis zum Meer oder doch bis zu 200 m Meereshöhe herab, und einige waren über 100 km lang. Ganz von selbst ergab sich daraus durch Zusammenfließen der Riesengletscher die Bildung so großer Inlandeismassen, wie es die Ebenen und Sunde Neuseelands erlaubten. Dieselben mochten kleine Eisberge aussenden und haben in der Küstenbildung Neuseelands ihre tiefen Spuren hinterlassen.

Auch für das südliche Südamerika ist ein wärmeres Klima als heute für den Ausgang der Tertiärzeit und eine starke Abkühlung für die Quartärzeit anzunehmen. Patagonien ist zu einem großen Teil mit Glazialablagerungen bedeckt, und die Armut der Flora und Fauna des Feuerlandes schreibt O. Nordenskiöld der langen Dauer der Eisbedeckung zu. In Chiloë liegen erratische Blöcke, und in den Kanälen und Fjorden der südlicheren Inseln sieht man Gletscherschliffe. Glazialspuren sind in den 60 m hohen Strandlinien des Feuerlandes häufig, wo erratische Granitblöcke von den Inseln im Westen auf Eisbergen herübergetragen worden sein müssen. Ferner hat man alte Moränen, Hochseen in Kahren und endlich die unzweifelhaftesten Spuren von Gletscherschliffen in den Anden Südamerikas gefunden, und zwar von der Sierra Nevada de Santa Marta an; zu den sichersten Nachweisen dieser Art gehören die von Paul Güßfeldt am Aconcagua gefundenen.

In Afrika sind an den Bergen, die heute Gletscher tragen: Kilimandscharo, Kenia, Runsoro, die Spuren einer einst größeren Firn- und Eisdecke zu sehen. Hans Meyer hat Gletscherschliffe und -schrammen und moränenähnliche Ablagerungen noch 1800—2000 m unter der heutigen Gletschergrenze am Kilimandscharo nachgewiesen, und Mackinder beobachtete ähnliche Erscheinungen am Kenia, wo alte Moränen noch unter 4000 m liegen.

MITTELEUROPA ZUR EISZEIT

nach A. Penck, F. Wahnschaffe u. G. de Geer

Maßstab 1 : 6600000

0 50 100 200 Kilometer

Bibliographisch

SEE ODER BALTISCHES MEER

...t der letzten Vereisung

äußere Moränen

Innere jüngere Moränen.

Äußere ältere Moränen.

Mittel der älteren normalen Schrammenrichtung.

Mittel d. jüngeren Schrammenrichtg.

Velpke o Fundstätte der Glazialschrammen auf anstehendem Gesteine.

Bewegungsrichtung des Inlandeises in Südschweden während d. ersten Eiszeit.

" Während der zweiten Eiszeit.

Memel
Königsbg.
Pregel
Danzig
Thorn
Posen
Weichsel
Warschau
Breslau
Krakau
Lodz
Brest Litowsk
Lemberg
Brody
Wien
Budapest
Szegedin
Tokaj
Debreczyn
Klausenbg.
Arad
Prag
Brünn
Komorn
Raab
Belgrad
Beskiden
Karpathen
Siebenbürgisches Erz Geb.
Riesen Geb.
Sudeten
Böhmisch Mährisches Hügelland
Bakonyer Wald
Pannonisches Hügelland
Karawanken
Kroatisches Bergland
Dinarische Alpen
Bosnisch Serbisches Bergland
Werdnik Gebirge
Donau
Drau od. Drave
Franzens Canal
Sau od. Save

32 34 36 38 40 42 44
12 14 16 18 20 22
54 52 50 48 46 44

...titut in Leipzig.

Die Massenablagerungen von Firn und Eis verhüllen in der Antarktis den größten Teil der Spuren einer **antarktischen Eiszeit**. Aber jedenfalls fehlen sie nicht ganz. Von den Inseln der kalten gemäßigten Südzone, wo besonders Südgeorgien und Kerguelen eine ausgesprochene Rundbuckellandschaft zeigen, der auch die Seen nicht fehlen, setzen sie sich in die noch heute tief vereisten antarktischen Archipele unter dem Polarkreis fort. Aus Palmerland schildert uns Arktowski eine Anzahl von Spuren größerer Vergletscherung: an den Küsten der Inseln in Moränen von 5—8 m Höhe Gesteine fremder Herkunft, darunter gerollte, Land, das, soweit es frei lag, die ausgesprochensten Rundbuckel zeigt, und dessen Umrisse auch unter der Firndecke nicht die Wirkung der Meeresabrasion, sondern großer Eismassen sind; die höchst gelegene, anscheinend alte Moräne sah er in 20 m Höhe.

Spuren der Eiszeit in den Gebirgen Europas.

(Vgl. die beigeheftete Kartenbeilage „Mitteleuropa zur Eiszeit".)

Die Vergletscherung der Gebirge, die heute Gletscher tragen, war in der **Eiszeit** viel ausgedehnter, und Gebirge, die heute gletscherlos sind, waren in beträchtlichem Maße vergletschert. Die Vergletscherung der Alpen war auf der Nord- und Südseite bedeutend, aber die großen Klima-Unterschiede, welche die beiden Abhänge heute zeigen, waren schon damals vorhanden. Auf der Nordseite flossen aus allen großen Thälern die Gletscher zusammen und bildeten einen weiten zusammenhängenden Eismantel, dessen Rand auf den Vorhügeln des Jura, dem südlichen Schwarzwald, den Hügeln Oberschwabens und auf der schwäbisch-bayrischen Hochebene ruhte. Unter Eismassen, deren Mächtigkeit an manchen Stellen 1700 m erreichte, waren die Pässe der Alpen „Eispässe", wie heute in den höchsten Teilen des Himalaya, aber die heutige Wasserscheide war nicht genau die Firn- und Eisscheide der Alpen. Lag auch, den klimatischen Verhältnissen entsprechend, der Eisrand am Südabhange der Alpen höher, so schloß er dafür mit schroffen Eiswänden ab, am Nordfuße dagegen floß das Eis über die Hochebenenstufe breit dahin. Über die Südseite traten nur einzelne Gletscher aus den Thalmündungen hervor, aber diese waren, entsprechend dem Niederschlagsreichtum der Südalpen, mächtig und fielen nach Süden zu mit Wänden ab, die über 700 m hoch waren. Solche Eismassen mochten noch längere Zeit in ihren tiefen Becken verweilen, in denen heute tiefe blaue Seen stehen, als das Eis im übrigen Gebirge schon zurückging. Den heutigen Gardasee füllte ein mehr als 1000 m mächtiger Gletscher aus, und hoch an den kahlen steilen Dolomitwänden des Sees zeigt das Grün des reicheren Pflanzenwuchses die Reste der Seitenmoränen an. Indem das Eis zurückging, sammelten sich die Gewässer vor seinen Abstürzen zu Seen an; auch zwischen dem Eisrand und einem Moränenwall westlich vom Bodensee stand ein Stausee 40—45 m über dem heutigen Überlinger See. In den nördlichen Alpen nehmen heute die Gletscher von Westen nach Osten zu ab, ebenso wie die Höhe des Gebirges und der Umfang der Thalsysteme abnehmen. So war es auch schon in der Eiszeit, wo der Rhonegletscher der größte Gletscher der Alpen war, der den Genfer See ausfüllte und nordwärts bis Aarau, südwärts bis Lyon reichte; ähnlich bedeckte der Rheingletscher das ganze Bodenseegebiet und drang bis Sigmaringen und Biberach vor; der Inngletscher stieg über die Pässe der Kalkalpen und vermengte sein Eis mit deren örtlichen Gletschern, so daß es bis wenige Kilometer südlich von München und Augsburg reichte. Im Osten aber reichte der Traungletscher nur wenig über die Alpen hinaus, und der Ennsgletscher überschritt nicht den Fuß des Gebirges. Ebenso ungleich wie heute war auch zeitlich das Vordringen und Zurückgehen jener Gletscher in den verschiedenen Abschnitten der Alpen.

Penck, der zuerst in den Deutschen Alpen die Ablagerungen der drei Eiszeiten scharf auseinander hielt, indem er die Geröllmassen der Gletscherabflüsse als Deckenschotter, Hoch- und Niederterrassenschotter unterschied, erkannte eine vierte Eiszeit durch das eingehendere Studium des Deckenschotters, der sich ihm in den westlichen Teilen der schwäbisch-bayrischen Hochebene in zwei Horizonte zerlegte. Vor ihm hatte Gutzwiller im schweizerischen Alpenvorlande bereits die vierte Eiszeit nachgewiesen, und Steinmann glaubte ihre Spuren auch im Schwarzwald gefunden zu haben. Die Deckenschotter sind die ersten und ältesten Ablagerungen diluvialer Gletscher, die eben deshalb am höchsten liegen, vielfach die Höhen zwischen den Thälern bedeckend. In der ersten Zwischenzeit, die auf sie folgte, wurden die Thäler weiter ausgehöhlt, vertieft, worauf in der zweiten Eiszeit Schotter eine Stufe tiefer abgelagert wurde und so nach weiterer Thalvertiefung in der dritten Eiszeit noch eine Stufe tiefer; so entstanden die beiden Terrassenschotter. Die interglazialen Ablagerungen kommen in den Alpen nicht bloß am Fuße, sondern im Herzen des Gebirges vor, z. B. bei Sonthofen an der Iller, bei Innsbruck, bei Uznach und Wetzikon, und beweisen, daß sich das Eis zeitweilig bis in die Hochalpen zurückgezogen hatte. Pflanzenreste in diesen Ablagerungen zeigen, daß damals in 1200 m über Innsbruck Pflanzen eines Klimas wuchsen, wie es heute am Ostrande des Schwarzen Meeres in viel geringerer Höhe herrscht.

Unzweifelhafte Spuren von Vergletscherung sind in den heute gletscherlosen deutschen Mittelgebirgen und in den Karpathen nachgewiesen. Das Riesengebirge, der Böhmerwald, der Schwarzwald, die Vogesen hegten Gletscher in ihren oberen Thalschlüssen. Das beweisen nicht nur die Moränen, sondern auch Kahre und kleine Hochseen (vgl. Bd. I, S. 609, Bd. II, S. 194 u. f.). Von einer eigentlichen Vergletscherung des Harzes, des Fichtelgebirges und des Erzgebirges ist keine Rede. Die glazialen Ablagerungen bei Olbernhau und Schmiedeberg, bei Oberwiesenthal sind ganz beschränkt, und nur Andeutungen von Zirkusthälern finden sich in ihrer Nähe. Es handelte sich in allen diesen Fällen wohl nur um jene ganz kleinen Gletscher, die eher den Namen Firnflecken verdienten (vgl. Bd. II, S. 267). Auch das französische Zentralmassiv, die Pyrenäen, die Gebirge der Balkanhalbinsel, der Kaukasus waren in der Diluvialzeit stärker vergletschert, und im Nordosten trug das Timangebirge eine besondere Inlandeisdecke.

Die Himalayagletscher der Eiszeit stiegen in Kaschmir bis 1950, im oberen Indusgebiete bei Skardo bis 2100, im niederschlagsarmen Spiti bis 3300 m herab (Diener). Es war eine verhältnismäßig viel schwächere Vergletscherung als in den Alpen. Im Terskei-Alatau hatte schon Sewerzow große Endmoränen in wenig über 2000 m Meereshöhe gefunden, und so sind auch in anderen Gebirgen Zentralasiens Spuren der Vergletscherung weitverbreitet.

Ursprung der diluvialen Inlandeise.

Bei der Frage, wie die Eisdecken der Eiszeit entstanden sind, muß man über die Klimaänderungen, die wir am Schlusse des nächsten Abschnittes zu betrachten haben werden, die Änderungen der Höhe und Gestalt des Bodens nicht übersehen. Wir wollen uns zunächst an den Ursprung der Inlandeise aus verhältnismäßig nicht hohen Ländern des Nordens erinnern. Das Inlandeis von Nordamerika strahlte aus Labrador und von den Hochflächen westlich der Hudsonsbai, die selten 600 m erreichen, südwärts, das europäische zumeist aus der Skandinavischen Halbinsel und Finnland; das nordasiatische bestand wohl aus örtlichen, unzusammenhängenden Massen, deren größte vom Nordural und Timangebirge ausging. Lokale Vergletscherungen, wie die der Färöer oder der deutschen Mittelgebirge, hatten ebenfalls nur

Ursprungsstätten von mäßiger Höhe. Der Fall jener gewaltigen zusammenhängenden Eismassen konnte also im ganzen nur gering sein und mußte besonders nach den Rändern zu unmerklich werden. Wenn nun auch die Masse des Eises eine beschleunigende Wirkung bis zur äußersten Peripherie ausübte, nahm doch der Druck der Inlandeismassen auf ihre Unterlage rasch ab, wie die Seltenheit der Gletscherschliffe in den südlichen Teilen der „Triftregionen" Nordamerikas und Europas zeigt; in Labrador und in Schweden ist dagegen auf weite Strecken kein ungeschrammtes Stück Felsboden zu finden. Bei der Erwägung der bodengestaltenden Arbeitsleistung der diluvialen Gletscher ist dieser Unterschied wohl zu erwägen. Ihre Transportleistungen konnten sich dagegen auch bei langsamer Bewegung gewaltig summieren. Diluviale Endmoränen von 500—1500 m Breite und 10—40 m Höhe im südlichen Schweden, Mächtigkeiten des Gletscherschuttes bis zu 200 m ebendaselbst bezeugen sie. So geringfügig die Bodenerhebungen in einem großen Teile des nordeuropäischen und nordamerikanischen Tieflandes auch sein mögen, sie genügten doch an manchen Stellen, um die Bewegungen der Inlandeismassen mitzubestimmen, die so wenig wie ein moderner Gletscher unbeeinflußt von den Formen ihres Untergrundes blieben. Nicht immer war die Hauptrichtung des Eises wesentlich südlich. In einer älteren und jüngeren Zeit schwächerer Vereisung floß es von Finnland nach Livland, dann erst über Schonen nach dem nördlichsten Deutschland und kreuzte an manchen Stellen geradezu die Bahn des Eises in der Haupteiszeit. Ähnlich kreuzen sich in Nordamerika südwestlich von den Großen Seen die Bahnen einer älteren stärkeren und einer jüngeren schwächeren Vergletscherung. In Deutschland haben schon die 300 m des baltischen Seenhügellandes und die 200 m des Fläming genügt, um das heranfließende Eis zu stauen.

Der Fläming umschließt in seinem südlichen Abfalle mächtige Tertiärgebilde, die sich dem heranrückenden Eise entgegenstellten und es stauten, wobei sehr wohl ein mächtiger Stausee zwischen diesem Wall und dem Eis entstanden sein kann. Hinter dem Walle haben die mächtigsten, an manchen Stellen 90 m erreichenden Aufschüttungen stattgefunden, unter denen mehr Süßwasser- als Eisablagerungen vertreten sind. Auf der anderen Seite waren diese Erhebungen genügend, um Reste der Eisdecke zu erhalten, als sie im Tieflande rings umher bereits dem milderen Klima zum Opfer gefallen war.

Mit der Eiszeit zusammen gingen Veränderungen in der Höhe und Gestalt des Bodens, die sowohl das Klima als die Eisbewegung beeinflußten. In Europa wie in Amerika stand das Land vor der Eiszeit höher; wo heute vor Nordwesteuropa die britischen Inseln liegen, streckte sich vor der Eiszeit eine Halbinsel ins Atlantische Meer hinaus, deren Boden mindestens 100 m höher lag als heute. Die Seen und Fjorde Nordenglands und Schottlands bildeten Teile von Thälern des trockenen Landes, der Kanal und die Nordsee waren Land, und eine Anzahl von Inseln des Nordwestens hing mit dieser breiten britischen Halbinsel zusammen. Während der Eiszeit traten Senkungen ein, in der letzten Interglazialzeit in beträchtlichem Maße, dann wieder Hebungen, die noch einmal Großbritannien an das Festland anschlossen. An der nahen Küste des Eismeeres entspricht diesen Bewegungen die erste boreale Transgression mit 100 m hohen Strandlinien in einer warmen Interglazialzeit; es folgten eine zweite Senkung (Strandlinien von 30 m) und eine dritte um 15—20 m, der vielleicht die Versenkung englischer Strandwälder in neolithischer Zeit entspricht. Den Eiszeiten Europas und Nordamerikas scheint immer ein Sinken des Landes, den Interglazialzeiten eine Hebung zu entsprechen, aber man kann nicht mit Sicherheit sagen, daß Hebungen und Senkungen miteinander je nach dem Gehen und Kommen des Eises wechselten.

Als das Eis nach Süden vordrang, lag an der Stelle der Ostsee ein Land, von dessen Gesteinsunterlage die Reste der Kreide am Rand und auf Inseln der Ostsee Zeugnis geben, und in dem die heutige

Skandinavische Halbinsel bespülenden Meere lebten damals arktische Tiere. Eine Senkung um 200 m schuf vielleicht die Anfänge der Nordsee und Ostsee. Aber in spätglazialer Zeit gab es eine vollständige Landverbindung zwischen Jütland und Schweden, und die Ostsee muß ein Süßwassersee gewesen sein. Dann tritt eine neue Senkung ein, dieselbe, die Rügen nacheiszeitlich zur Insel oder vielmehr zunächst zu einem Archipel gemacht hat, und die Ostsee wird größer und salziger, als sie früher gewesen war; möglich, daß sie nun mit dem Eismeer zusammenhing. Auf die nacheiszeitliche Hebung folgte erst nach einer neuen Senkung eine Hebung bis zur heutigen Höhe, deren Spuren wir an den skandinavischen Küsten und in der Veränderung der Lebewelt der Ostsee wahrnehmen.

Mit diesen Schwankungen des Bodens hängen auch Änderungen der Bodengestalt im Inneren der Länder zusammen. Je höher der Boden gehoben wurde, desto tiefer schnitten sich die Schmelzwasserströme und das Gletschereis in ihn ein. Indem das Eis zurückwich, folgten sie ihm, beim Rückwärtsschreiten sich Rinnen aushöhlend. Das führte im Inneren des Landes zur Bildung von großen Thälern, an den Küsten zur Entstehung von Sunden, Föhrden und Bodden. So sind auch Halbinseln und Inseln gestaltet worden. Da die Vereisung und Eisschuttablagerung an sich eine gewaltige Erhebung der Bodenfläche bedeuten, arbeiteten sie in demselben Sinne wie diese Hebungen. Und so konnte es kommen, daß, wo die großen nordamerikanischen Seen durch Eis aufgedämmt wurden, das Eis Endmoränen in derselben Höhe ablagerte, in der am gegenüberliegenden Ufer sich das Material einer künftigen Strandlinie ammelte. Daher hier der enge Zusammenhang der Moränen und Strandlinien.

II. Die Lufthülle der Erde.

1. Die Luft.

Inhalt: Klimatologie und Geographie. — Große und kleine Klimagebiete. Lokalklima. — Die Erde und ihre Lufthülle. — Die Zusammensetzung der Luft. — Staub und kleinste Lebewesen in der Luft.

Klimatologie und Geographie.

So unzertrennlich die Luft mit ihrer Erde verbunden ist, so sicher bildet die Klimatologie einen Teil der Geographie. Man kann keinen Ort und kein Land der Erde genau beschreiben, ohne die Erscheinungen des Luftkreises dieses Ortes oder dieses Landes zu behandeln. Von der landschaftlichen Beschreibung muß man die Schilderung der Luft nach Farbe und Durchsichtigkeit, den Sonnenstand und die Wolken verlangen, von der rein geographischen Angaben über Dichte, Wärme und Feuchtigkeit der Luft, und in beiden spielt bei der großen Veränderlichkeit dieser Eigenschaften die Darstellung der Schwankungen der Wärme und Feuchtigkeit, des Luftdrucks und der Winde eine große Rolle. Die Menge der aus der Luft fallenden Niederschläge, ihre Formen und ihre Verteilung sind nicht zu vergessen. In manchen Ländern, wo Staubfälle oder Höhenrauch vorkommen, wollen auch diese erwähnt sein. Eine besondere Wissenschaft, die Klimatologie, geht uns dabei an die Hand, indem sie die Beobachtungen über alle diese Erscheinungen sammelt und verarbeitet. Gehen wir aber über diese Forderungen der Einzelbeschreibung hinaus, so macht sich dieselbe Notwendigkeit auch für eine ganze Zone und endlich für die Erdkugel geltend, deren Lufthülle sich nach Gesetzen bewegt, erwärmt, durchleuchtet, Feuchtigkeit aufnimmt und abgibt, die wir in der Wissenschaft der Meteorologie niedergelegt finden.

Unter Klima versteht man die Gesamtheit der Witterungserscheinungen eines Ortes oder, wie es Alexander von Humboldt faßte, alle Veränderungen der Atmosphäre, die unsere Organe merklich affizieren. Was wir Witterung nennen, ist immer nur eine Phase oder ein Akt aus einer Aufeinanderfolge, in deren vollständiger Jahresreihe das Klima eines Ortes erst zum Ausdruck kommt; wir können daher das Klima auch als die Gesamtheit der Witterungen eines Jahres auffassen. Wir denken dabei nicht an ein bestimmtes Jahr, sondern an die durchschnittliche Erscheinung: Die Witterung war im Juli dieses Jahres heiß, aber das Klima von Leipzig ist im Juli überhaupt heiß.

Im Sinne der Alten, die es von κλινειν, neigen, herleiteten, bedeutete Klima die Neigung der Erde gegen die Pole. Es war also der Ausdruck der verschiedenen Bestrahlung der Erde durch die bald hoch und bald tief stehende Sonne. Dadurch sind zunächst die Unterschiede in der Beleuchtung, besonders in der Tageslänge, dann aber natürlich auch die Unterschiede der Erwärmung gegeben. Doch ging man

auch schon darüber hinaus und bezeichnete mit Klima überhaupt den Charakter einer Gegend. Besonders bei der Betrachtung der Einflüsse der Naturumgebung auf den Leib und die Seele des Menschen wurde unter Klima die Summe der natürlichen Eigenschaften eines Landes verstanden. Ähnlich erweitern auch noch jetzt manche den Begriff Klima in nicht zu billigender Weise, so Johannes Walther, der unter dem Klima der Flachsee die Wirkung sämtlicher meteorologischer und ozeanographischer Einflüsse der Flachsee verstanden haben will.

Im Gegensatze dazu halten wir an der alten Fassung fest: das Klima eines Landes wird bedingt durch Wärme, Luftdruck und atmosphärische Feuchtigkeit, die in den verschiedensten Kombinationen auftreten können. Es gibt Klimate, die vorwiegend durch Wärmeschwankungen bestimmt sind, wie das Klima der Wüste; in dem windigen Klima des Nordatlantischen Ozeans sind die Änderungen des Luftdruckes das Hervortretende, im ozeanischen Klima die Feuchtigkeit samt ihren Niederschlägen.

Große und kleine Klimagebiete. Lokalklima.

In jedem Witterungszustande sind Elemente, die dem großen allgemeinen Kreislauf angehören, neben den örtlichen Einflüssen des Bodens zu finden. Jene sind beständiger in der Lage und sind dauerhafter, da für ihr Bestehen viel größere Kräfte thätig sind, deren einmal begonnene Wirkung nicht so leicht durch zufällige kleinere Einflüsse abzulenken ist. Die örtlich begründeten Änderungen dagegen sind vergänglich, ihre Lage ist veränderlich, ihre Lebensdauer kurz. Aber die beiden Bestandteile der Witterung sind nicht überall gleich gemischt. In den tropischen und subtropischen Gebieten herrscht der große Zug des allgemeinen Kreislaufes, wobei sogar die Klimate der beiden Halbkugeln ineinander übergreifen und der Äquator durchaus nicht eine scharfe Scheidelinie bildet; in den gemäßigten Zonen haben die kleineren, vorübergehenden Störungen die Oberhand. Daher finden wir dort ein gleichmäßiges, hier ein veränderliches Klima, dort ein Bestimmtsein des Wetters durch jahreszeitliche, hier durch tägliche und tageszeitliche Unterschiede. Aber auch im veränderlichen Klima kommen große Züge des allgemeinen Kreislaufes zum Durchbruch; ein warmer Sommer, dem ein milder Winter folgt, drängt z. B. die Veränderlichkeit zurück, subtropischer Witterungscharakter schiebt sich ungewöhnlich weit nordwärts vor, und wir erhalten die seltenen Sommer mit hohem beständigen Barometerstand und andauernd sonnigem Wetter.

Wenn auch die Abhängigkeit klimatischer Erscheinungen vom Raume der Erde nicht dermaßen in die Augen fällt wie der Einfluß der Lage, so ist er doch nicht zu übersehen. Nur über der rund um die Erde ohne Unterbrechung sich ausbreitenden Fläche des Südmeeres, der einzigen, welche die ganze Erde breit umzirkelt, kann die antipassatische Westströmung ihren Weg um die ganze Erde ohne Hemmung zurücklegen, nur über den weiten, ungebrochenen Meeresflächen wehen die Passate über große Entfernungen mit wenig abnehmender Kraft. Aber auch die Größe der Landgebiete übt ihren Einfluß: der Vergleich Nordamerikas mit Europa zeigt einen großen kontinentalen Zug im Klima jenes Landes, der nur in dessen überragender Größe begründet ist; besonders in der Einförmigkeit und Dauer klimatischer Zustände kommt dort der weite Raum zwischen dem Atlantischen Ozean und dem Hochlande des Westens und der freie Weg zwischen Golf und Eismeer auch klimatisch zur Geltung.

Die Brechung eines Klimas in lokalklimatische Bruchstücke macht erst bei den engsten Räumen Halt. Man kann nicht bloß jedem Thale eines Gebirges sein Lokalklima zusprechen, auch die Gehänge eines Thales sind wieder klimatisch anders beschaffen als der Thalgrund; wir würden, wenn wir ihre Bevorzugung durch die Siedelung erwägen, sagen: sie sind klimatisch

begünstigt; denn der Thalgrund ist kälter und feuchter. Oder der obere Teil eines Thales ist klimatisch verschieden von dem unteren, was sich auch ohne den Einfluß der Meereshöhe z. B. in den Thälern geltend macht, die der Föhn durchweht; welcher Unterschied zwischen dem Hintergrund eines Fjordes in Grönland, wo noch der erwärmende Föhn empfunden wird, und der Fjordmündung, die er nicht mehr erreicht! Ein ausgesprochenes Lokalklima ist das der Umgebungen eines Wasserfalls, in dessen Kühle und Feuchtigkeit die Rhododendren tiefer herabsteigen, üppiger gedeihen. Jedes Firnkahr, jede Doline, ja jede Höhle hat ihr besonderes Klima. Sogar das trübe regnerische Wetter am Rande des polaren Eises ist ein Lokalklima, das allerdings für die ganze Erstreckung der Treibeisgrenze bezeichnend ist und mit ihr wandert. Wenn man an die Spiegelungen dieser unendlichen Brechungen und Variationen in der Lebensentwickelung denkt, wird man den Lokalklimaten, trotz ihrer räumlichen Beschränkung und obwohl es oft geradezu unmöglich ist, ihre Eigenschaften scharf zu bestimmen, in den geographischen Beschreibungen gebührende Beachtung schenken.

Die Erde und ihre Lufthülle.

Wer ganz allgemein von der Erde spricht, denkt an den festen Ball, auf dem wir wandeln, und an die Lufthülle, die ihn umgibt. Wir selbst verbinden beide miteinander in unserer eigenen Natur, und dies thut alles Leben an der Erde, denn wir stehen und gehen auf der Erde und atmen in der Luft. Beide sind gleich notwendige Lebensbedingungen. Unseren Körper bauen Stoffe der Erde und Stoffe der Luft. Auch in anderen Beziehungen sind Erde und Luft nur Eines: die Luft ist nicht eine lockere Hülle um die Erde, sondern senkt sich mit tausend Wurzeln in ihre Oberfläche ein, die Bestandteile der Luft finden wir in den tiefsten Gesteinen, und die Erdrinde ist nur als ein gemeinsames Werk der Erde, des Wassers und der Luft zu verstehen; daraus folgt die geographische Auffassung der Luft nicht als passiver Hülle, sondern als eines thätigen Werkzeuges. Das Verhältnis der Luft zur Erde ist nicht das einer unbedingten Zugehörigkeit, die einfach nur als Unterworfenheit aufzufassen wäre, sondern die Luft ist mehr einem Trabanten zu vergleichen, der zwar an seinen Planeten gefesselt ist, aber eine gewisse Freiheit dabei bewahrt. Dieser Trabant, der die Erde umgibt, empfängt von der Sonne eigene lebendige Kraft, die ihn befähigt, Bewegungen unabhängig von der Erde auszuführen. Wohl macht am Äquator die Luft mit der Erde die Bewegung von 465 m in der Sekunde, aber in höhere Breiten versetzt, stürmt sie der Erde voraus.

Die Atmosphäre ist ein Meer von Luft, in dem die Dichtigkeit sehr rasch von der Erde nach außen hin abnimmt. Die dichtesten Lagen, die der Erde zunächst liegen, sind zugleich die bewegtesten, in denen unaufhörlich schwerere und leichtere Luft über- und nebeneinander strömt. Das Luftmeer verhält sich in dieser Beziehung umgekehrt wie das Wassermeer: beide sind den größten Bewegungen auf der Seite ausgesetzt, die der Erdoberfläche angehört oder zugewendet ist. Im Luftmeer führen diese Bewegungen, die eine große Gleichförmigkeit in der Zusammensetzung der Luft bewirken, beständige Schwankungen des Gewichtes der Luft herbei (s. unten, S. 437). Die engen Grenzen dieser Bewegungen beweisen aber, daß die Tiefe des Luftmeeres oder die Höhe der Atmosphäre überall rings um die Erde im Grunde dieselbe ist. Wenn kleine feste Körper von ähnlicher Zusammensetzung wie unsere Erde vom Weltraume her in die Atmosphäre eindringen, erhitzen sie sich durch Reibung und entzünden sich aufleuchtend, und die sichersten Beobachtungen zeigen, daß dies bereits in 180 km Höhe geschehen kann, d. h. in einer Höhe, die mehr als 20mal so groß wie die Höhe des höchsten Berges der Erde ist.

Noch dreimal höher führen uns die Messungen der höchsten Polarlichter. Man sieht zwar Nordlichter ganz dicht über dem Boden ihren Anfang nehmen, aber man sieht sie dann auch bis zu 500 und 600 km sich in den Raum erheben.

Mit der theoretisch gerechtfertigten Angabe: die Atmosphäre geht ohne Grenze in den Weltraum über, kann man geographisch nichts anfangen. Es ist praktisch vor allem notwendig, die ungemein geringe Höhe der Atmosphäre zu betonen, in der wir noch stoffliche Wechselbeziehungen mit der Erde greifen können. Da ist denn von der größten praktischen Bedeutung die Höhe, bei welcher der Luftdruck minimal, der Wasserdampfgehalt verschwindend, der Gehalt der Luft an irdischem Staub kaum noch nachweisbar geworden ist, und bis wohin die höchsten Wolken gehen. So weit eigentlich nur reicht die Atmosphäre, mit der die Klimatologie es unmittelbar zu thun hat. Die Dünne dieser Luftschale um den Erdball erklärt die tiefgehende Wirkung der Ausstrahlung auf den Gang der Witterung, denn in der Ausstrahlung wirkt die Nähe des Weltraumes unmittelbar darauf ein. Noch viel wichtiger erscheint uns aber die Dünnheit der Atmosphäre in ihrem Verhältnis zum Leben der Erde, denn ihr Verhältnis zur Erdgröße ist ein wichtiger Faktor in der Entwickelung des Lebens, welches über enge Höhengrenzen nicht hinauswächst, im ganzen also eine in wahrem Sinne gedrückte Existenz hat.

Wir wissen außerordentlich wenig von der Geschichte der Atmosphäre. Würden wir uns zu der dogmatischen Erdbildungshypothese der Kant-Laplacianer bekennen, die ohne weiteres der Erde denselben feuerflüssigen Urzustand wie der Sonne zuschreiben, so wäre es leicht zu sagen: der Aussonderung der Hydrosphäre und Atmosphäre aus der Erde muß ein „präatmosphärischer" Zustand vorhergegangen sein. Erst als das Erdinnere sich immer mehr verdichtete, gewann die Erde die Kraft, die Atmosphäre zurückzuhalten, aus der indessen so leichte Gase, wie Wasserstoff und Helium, zu leicht für die Anziehung der kleinen Erde, ausschieden. Damit scheinen ja alle Schwierigkeiten gehoben zu sein. Aber einem so verweichlichenden Denken, daß sich mit bequemen Schlüssen aus unbewiesenen Voraussetzungen begnügt, darf man sich nicht hingeben. Wir müssen einfach bei den Thatsachen stehen bleiben, die uns in der geologisch erforschbaren Vergangenheit der Erde keine greifbare Veränderung der Atmosphäre zeigen. Man könnte höchstens von dem freien Kohlenstoffe, der in der Erde als Kohle, Petroleum, kohlensaurer Kalk u. s. w. liegt, annehmen, daß er einst den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre vergrößern mußte. Aber wer bürgt uns dafür, daß jemals seine ganze Masse frei in dieser Form der Atmosphäre beigemengt war? Damit wollen wir durchaus nicht eine starre Unveränderlichkeit der Lufthülle unseres Planeten behaupten. Die Vorgänge auf der Sonne sind zum Teil von Gasauswürfen in größtem Maßstabe begleitet, und außerdem müssen wir annehmen, daß eine Masse von der Sonne zueilenden Meteoriten in der Nähe der Sonne verflüchtigt und in Gas verwandelt wird. Dies macht es uns, wie wir schon früher sagten (vgl. oben, Bd. I, S. 72, 87 u. f.), unmöglich, den Weltraum für leer zu halten; unsere Atmosphäre ist nur ein terrestrisch verdichteter Teil der Massen, die in höchst dünnem Zustande den Weltraum erfüllen. Aber auch in unserer Atmosphäre müssen Stoffe verbrennen, die von außen hereinstürzen; die gasförmigen Reste dieser Stoffe werden in sie aufgenommen. Und wenn auch der dauernde Übergang von Bestandteilen terrestrischen Ursprungs in die Luft, den wir kennen gelernt haben (vgl. oben, Bd. I, S. 93), nur geringe Mengen treffen kann, muß man doch erwägen, daß Atmosphäre und Hydrosphäre zusammen nur ein ganz kleiner Teil des Erdballes sind; beide machen zusammen nur den 5000. Teil der Erde aus.

Die Zusammensetzung der Luft.

Die Zusammensetzung der Luft ist im großen überall an der Erdoberfläche die gleiche. Wir finden überall dieselben Bestandteile fast genau in demselben Mischungsverhältnis: in

Volumenprozent 78 Stickstoff, 21 Sauerstoff, 0,94 Argon, 0,03 Kohlensäure. Da der Sauerstoff ein dichteres Gas ist als Stickstoff, müßte er rasch nach oben zu abnehmen, doch läßt der Austausch der Luft durch die wirbelnden Bewegungen eine so große Ungleichheit nicht aufkommen. Wir finden eine sehr kleine Abnahme des Sauerstoffes in Gebiete eines barometrischen Minimums und in unseren Gegenden bei Südwestwinden, während man eine entsprechend kleine Steigerung des Sauerstoffgehaltes bei Nordostwinden beobachtet hat. Die größten Unterschiede des Sauerstoffgehaltes schwanken indessen nur zwischen 21 und 20,9.

Von dem Wasserdampfe, der ebenfalls in keiner Luft fehlt, unterscheiden sich diese vier Bestandteile dadurch, daß sie bei allen an der Erde vorkommenden Temperaturen gasförmig bleiben; deswegen nannte man sie permanente Gase, ehe es gelungen war, sie durch Druck und sehr niedrige Temperaturen in flüssigen Zustand zu versetzen.

Die Atmosphäre wölbt sich über die Unebenheiten der Erdoberfläche weg, ohne andere Veränderungen zu erfahren, als die mit der Höhe zunehmende Verdünnung. Sie ist auf dem Gipfel des Montblanc in 4800 m Höhe wesentlich dieselbe wie im Thale. Luft, die aus großen Höhen im Schnee, Regen und Hagel herabgebracht wird, scheint dieselbe Zusammensetzung zu haben wie unten. Auch die Luft, die man durch selbstthätige Aufnehmer in unbemannten Ballons aus 15,500 m Höhe heruntergeholt hat, zeigte ungefähr dieselbe Zusammensetzung wie in den von uns geatmeten Luftschichten. Die Methode der Aufnahme und Abschließung der Luftproben in so großer Höhe muß indessen noch geprüft werden, ehe man weitere Schlüsse daran knüpft.

Es ist wichtig, zu betonen, daß die Luft nur ein Gemenge von Stickstoff und Sauerstoff ist. Ist auch das Mengenverhältnis beider im allgemeinen erstaunlich gleich, so schwankt es doch in einzelnen Fällen leicht. Besonders aber zeigt sich die Thatsache, daß die Luft nur ein Gemenge und nicht eine Verbindung ist, darin, daß, wenn Wasser Luft aufnimmt, darin immer mehr Sauerstoff ist als Stickstoff, weil Sauerstoff in Wasser löslicher ist als Stickstoff. Diese Eigenschaft ist für den Geographen wichtig, weil alle in Wasser gelöste Luft sauerstoffreicher ist als die Atmosphäre. Noch wichtiger ist die auslesende Wirkung des Lebens auf den Sauerstoff der Luft, die wir im nächsten Abschnitte kennen lernen werden. Die Kohlensäure der Luft übt zusammen mit dem Wasserdampf einen großen Einfluß auf die Aufnahme von Wärmestrahlen und die Aufspeicherung von Wärme in der Luft: sie ist klimatisch wirksamer, als man bei ihrer kleinen Menge glauben möchte (vgl. auch unten, S. 420).

Nachdem die letzten Jahre im Argon einen neuen Bestandteil der Atmosphäre kennen gelehrt haben, der ebenso gleichmäßig wie der Stickstoff verbreitet ist, mit dem er so lange zusammengeworfen ward, sind nun die drei wesentlichen Elemente der Atmosphäre nach dem Volumen: Stickstoff 78, Sauerstoff 21, Argon 0,9. Da Argon in Wasser löslicher ist als Stickstoff, ist es auch Bestandteil von Quell- und Meerwasser. Wo Argon mit Stickstoff zusammen in den Gasblasen der Quellen vorkommt, erreicht sein Anteil 5 Prozent. Das kurz nach dem Argon entdeckte, schon früher in der Sonnenatmosphäre spektroskopisch nachgewiesene Helium ist in der Luft in sehr geringer Menge enthalten.

Je gleichförmiger die Luft im ganzen zusammengesetzt ist, um so beachtenswerter sind Beimengungen, die zwar nur in geringer Menge auftreten, aber doch nicht ohne Einfluß auf die Erdoberfläche und ihr Leben sind. In der Luft selbst ist der Gehalt an Kohlensäure in verschiedenen Gegenden und Höhen im allgemeinen ähnlich. Luftproben aus 3500 m Höhe und von Nansen mitgebrachte Luft aus 2300 m Höhe des Inlandeises zeigte fast denselben Gehalt an Kohlensäure wie Luft von der Erdoberfläche. Doch sind Schwankungen wegen der Quellen dieses Kohlensäuregehaltes unvermeidlich. Durch Ausscheidung bei organischen Prozessen gelangt Kohlensäure überall in die Luft, wo Leben ist. Tiere hauchen Kohlensäure aus, Pflanzen atmen sie ein und binden ihren Kohlenstoff, Tiere gebrauchen sie zum Aufbau ihrer Schalen

und Gerüste aus kohlensauren Salzen. Kohlensäure entströmt der Erde in vulkanischen Gebieten als Gas und in vielen anderen in Wasser gelöst. Das Meerwasser gibt, wie wir gesehen haben (S. 211), Kohlensäure ab und nimmt Kohlensäure auf. Die Verbrennungsgase der Städte tragen nicht unwesentlich zur Kohlensäurebildung bei. Eine Reihe von neueren Messungen läßt 3,2 Volumen Kohlensäure auf 10,000 Volumen Luft oder 0,00032 Prozent als die mittlere Größe annehmen. Aber die Untersuchungen der Luft von Lüttich durch Spring zeigen, daß die Luft, die vom flachen Lande herwehte, 3,030 Volumteile Kohlensäure enthielt, während bei der aus dem Industriebecken der Maas wehenden der Anteil bis auf 3,525 stieg. Dieselben Untersuchungen zeigen leichte Steigerungen des Kohlensäuregehaltes der Luft bei Schnee, an Nebel- und Gewittertagen. Die Hauptquelle der Kohlensäure bleibt aber immer der Boden mit seinen organischen Prozessen und seinen kohlensäurehaltigen Gewässern. Am kohlensäurereichsten erwies sich in Puchners Versuchen die Waldluft, die im Verhältnis zur Freilandluft am Tage 4,317:3,635, bei Nacht 4,391:3,498 zeigte und damit der Stadtluft nahe kam. In feuchtem Boden findet man mehr Kohlensäure als in der Luft. Bei Windstille stagniert die Luft über dem Boden, so daß sich Kohlensäure in ihr ansammelt. Ebenso erleichtert geringer Luftdruck das Hervorsteigen der Kohlensäure aus dem Boden. Die vom Meere her wehenden Winde enthalten sie in größerer Menge. Der Kohlensäuregehalt der Luft sinkt mit der Höhe, bei Wind, bei Schnee und Frost, welche die Bodenquellen der Kohlensäure verstopfen. In den Städten mit ihrer ungeheueren Holz- und Kohlenverbrennung findet man die Kohlensäure in allen Höhen reichlicher im Winter als im Sommer. Die Konstanz des Kohlensäuregehaltes der Luft im ganzen und großen wird nicht bloß durch den Lebensprozeß der Pflanzen erhalten, sondern durch die Fähigkeit der in den Wassern der Erde und besonders im Meere gelösten Karbonate, Kohlensäure aus der Luft aufzunehmen und wieder an die Luft abzugeben, je nach der Spannung der Kohlensäure der Luft. Diese die Luftzusammensetzung regulierende Wirkung ist eine der großen Thatsachen in der Ökonomie der Hydrosphäre.

Die in Gesteinen eingeschlossene Kohlensäure ist eine größere Masse, als man glaubt. Flüssige Kohlensäure kommt bis zu 5 Volumprozent im Quarz vor. Laspeyres berechnet, daß 1 cbkm Granit oder Gneis 900,000 Millionen Liter Kohlensäuregas liefert, die den Nauheimer Sprudel 273,000 Jahre mit Kohlensäure speisen würden. Hier finden wir nicht bloß eine Quelle für Kohlensäure, die in Luft oder Wasser übergeht, sondern auch einen Grund für Schwankungen der Kohlensäuremengen. Das heutige Verhältnis zwischen der Kohlensäuremenge in der Luft und in Gesteinen braucht nicht immer gleich gewesen zu sein, und wird es nicht immer gewesen sein. Klimaschwankungen machen Beträge davon frei und binden Beträge; darin liegt eine Ausgleichung, die sich in langen Zeiträumen vollzieht, ähnlich wie das Meer, das bei Erwärmung Kohlensäure abgibt und bei Erkaltung aufnimmt, den Kohlensäuregehalt der Luft in kürzeren Zeiträumen regelt.

Von allen Beimengungen der Luft ist die wichtigste der Wasserdampf, der in keinem Teilchen der uns zugänglichen Atmosphäre ganz fehlt. Es gibt insofern keine ganz trockene Luft. Der Wasserdampf macht die Luft leichter und durchsichtiger. Die Luft kann um so mehr Wasserdampf aufnehmen, je wärmer sie ist; kühlt sich warme Luft ab, so fällt ein Teil ihres Wasserdampfes als festes oder flüssiges Wasser, Schnee, Regen, Nebel, Tau auf die Erdoberfläche. Bei der Verdunstung dehnt sich flüssiges Wasser aus, was nur möglich ist durch eine Arbeitsleistung, für welche Wärme verbraucht wird. Über den Übergang des Wassers der Luft aus der dampfförmigen in die flüssige oder feste Form s. unten den Abschnitt „Niederschläge“.

Oxydationsprodukte des Stickstoffes sind in der Luft allverbreitet, scheinen aber am häufigsten in gewitterreichen Gegenden der Tropen vorzukommen. Ältere Messungen aus dem Elsaß und England gaben 0,18 und 0,42 mg Salpetersäure in einem Liter Regenwasser.

Aber nach den Untersuchungen von Muntz schwankt in Carácas der Salpetersäuregehalt eines Liters Regenwasser zwischen 16,25 und 0,20 mg. Als Mittel eines Jahres fand er 2,01 mg. Eine ähnliche Zahl hat Raimbaud auf Réunion gefunden, nämlich 2,67, bei Schwankungen zwischen 12,5 und 0,4 mg. Der Gehalt der Luft an dem bei elektrischen Entladungen sich bildenden Ozon ist im Sommer größer als im Winter, in vegetationsreichen Gegenden größer als in der Mitte von Städten oder in den Wohnräumen der Menschen. Nach Gewittern ist die Luft ozonreicher. Ozon scheint durch Zersetzung organischer Stoffe reinigend auf die Luft einzuwirken; vielleicht hängt damit der größere Ozongehalt der Höhenluft zusammen. Auch Wasserstoffhyperoxyd (Antozon) kommt in der Luft vor. Jod findet sich in sehr geringer Menge in der Luft, reichlicher in der Nähe des Meeres, wahrscheinlich an mikroskopische Organismen gebunden. Ammoniak kommt in sehr verschiedener Menge in der Luft der gemäßigten und Tropenzone vor, die man auf ihren Ammoniakgehalt geprüft hat. Daß es teilweise den Lebensprozessen der Erdbewohner entstammt, ergibt sich aus seiner größeren Häufigkeit in der Nähe der großen Städte. Es gibt aber noch andere Quellen dieses Gases, die es besonders stark in dem Regenwasser der Tropen vertreten sein lassen. Ammoniak ist im Meerwasser vorhanden, aus dem es an die Luft bei geringem Druck abgegeben wird. Untersuchungen in Regenwalde, Nantes, Rothamstead, Florenz haben 1,4 mg Ammoniak auf den Liter Regenwasser ergeben, Untersuchungen in Paris, Toulouse, Lyon dagegen bis zu 4,6 mg. Im Regenwasser von Carácas fand Münz zwischen 0,37 und 4,01 mg. Einen Gehalt der Luft an freiem Wasserstoff, bis zur Hälfte des Kohlensäuregehaltes, hat man neuerdings nachgewiesen.

Die unmittelbare Wirkung der Gase der Luft auf die Erdoberfläche ist noch nicht in ihrer ganzen Größe erkannt, wird aber immer mehr begriffen. Sehen wir von den Lebensprozessen ab, so ist es zweifellos, daß die im Wasser gelöste oder im Schnee absorbierte Kohlensäure besonders auf den so weitverbreiteten kohlensauren Kalk zersetzend wirkt. Und die in den Tropen weitverbreiteten sogenannten Lateritgesteine, eisenreiche Thone und Sandsteine, die in halben Erdteilen, besonders in Afrika („der rote Erdteil"), die Farbe und Fruchtbarkeit des Erdbodens bestimmen, sind wahrscheinlich auf die zersetzende Wirkung der in derselben Zone häufigeren Salpetersäure der Luft zurückzuführen.

Staub und kleinste Lebewesen in der Luft.

Aus mancherlei Quellen empfängt die Atmosphäre Staub. Meteoriten fallen in Staubform, sei es, daß sie ursprünglich in dieser Form existierten oder auf ihrem Wege zur Erde durch Zusammenstoß zerstäubten. Winde und aufsteigende Luftströme nehmen Staub von der Erde mit in die Höhe. Man hat beobachtet, daß heftige Stürme zerstäubtes Seewasser über 100 km weit landeinwärts tragen. Schornsteine treiben stauberfüllte Rauchwolken in die Luft, und auf dem Atlantischen Ozean sind Kohlenstaubfälle mehr als 460 Seemeilen von der nächsten Küste beobachtet worden. Regen und Schnee bringen immer Staubteilchen aus der Luft mit herab (vgl. Bd. I, S. 507), worin Stückchen Kohle, kohlensaurer Kalk, Quarzkörnchen, kleine Teilchen Eisen, organische Stoffe nachgewiesen sind. Daß sich dadurch eine mit der Zeit nicht unbeträchtliche Veränderung der obersten Bodenschichten vollzieht, ist nicht zu bezweifeln. In den Niederschlägen liegen daher auch die reichsten Quellen des Staubes der Luft, die eben darum staubfreier in ihren höheren Schichten ist. Aber in allen Höhenschichten des Luftmeeres schwebt unorganischer Staub. Aitken fand in Landluft bei klarem Wetter in 1 ccm Luft 500 Stäubchen, in Edinburg bei trübem Wetter 45,000, in einem Sitzungssaal an der Decke 300,000. Ununterbrochen

fällt Staub aus der Luft. Vgl. auch das S. 336 über die Bestäubung des Schnees Gesagte. Die Staubfälle sind weiter verbreitet, als die vereinzelten Angaben glauben lassen. Nur die auffallende Erscheinung des scheinbar von fern hergebrachten Staubes, welcher plötzlich auf einem vorher weißen, also frischen Schneefeld abgelagert wird, das er mit einer rötlichen oder bräunlichen Farbe überzieht, oder der „Blutregen" tritt seltener auf. Die Färbung der Oberfläche jedes einzelnen Schnee- oder Firnfeldes mit von unten heraufgeführtem oder von oben herabfallendem Staub ist überall nur eine Zeitfrage. Was schon 1870 Pater Denza aussprach, ist heute doppelt wahr, daß die sogenannten Passatstaubfälle unter die regelmäßig

Der Bishopsche Ring. Nach Photographie.

wiederkehrenden Erscheinungen gehören. Daneben ist aber die Aufmerksamkeit auch auf Staubfälle gelenkt worden, welche anderen Ursprunges sind.

Die Dämmerungserscheinungen der Jahre 1883 und 1884 haben eine neue Quelle von Staub in höheren Schichten der Luft erkennen lassen. Im November 1883 traten in Deutschland ungemein farbenreiche Dämmerungen und bei Tag ein braunroter Ring um die Sonne auf, der zuerst in Honolulu am 30. September 1883 von Bishop beobachtet wurde und deshalb auch Bishopscher Ring (s. die obenstehende Abbildung) genannt wurde. Sie, wie die zugleich damit auftretenden eigentümlichen grünen und blauen Färbungen der Sonnenscheibe, wurden überhaupt zuerst in den Tropen beobachtet, wo sie auf eine zweimalige Umkreisung der Erde durch die von dem Krakatoa-Ausbruch vom 26. August 1833 (vgl. Bd. I, S. 115) herrührenden Staub- und Rauchmassen hinwiesen; dieselben müssen sich mit Geschwindigkeiten bewegt haben, die der des Windes in den höheren Schichten der Atmosphäre mindestens entsprechen. Im November traten die Lichterscheinungen in der Tropenzone allmählich zurück und breiteten sich dafür nach Norden und Süden über die ganze Erde aus. Von Anfang 1884 nahmen sie langsam ab und verschwanden erst 1886 vollkommen, doch sind wahrscheinlich die seitdem beobachteten „Silberwolken", die in 80 km Höhe schweben, ein Rest davon.

Von großer Bedeutung ist das Verhalten des Staubes bei der Nebelbildung. Das Wasser scheidet sich aus der Luft in Tröpfchen überall aus, wo kleine Staubteilchen schweben. Die Ausscheidung in fester Form, als Eisstaub, bedarf wahrscheinlich dieser „Kerne" nicht. Das bedeutet nicht bloß eine Begünstigung der Nebelbildung, für welche die braunen Staubwolken über unseren Großstädten und Industriebezirken hinreichende Belege geben, sondern indem der Staub der langsamen Wasserausscheidung aus der Luft in flüssiger Form dient, schützt er uns für gewöhnlich vor plötzlichen, bis zum Wolkenbruch sich steigernden Regengüssen.

Der Staub aus kleinsten Lebewesen, besonders Bacillen, und ihren Resten reicht nicht so weit in die Höhe wie der unorganische, aber er ist in den tieferen Schichten auf das innigste mit ihm gemischt. Die Zahl der Mikroorganismen ist am geringsten auf dem hohen Meer und auf hohen Bergen sowie in den kältesten Gegenden der Erde, am größten in den belebtesten Häusern und Straßen großer Städte und in den Städten wieder größer am Boden als in der Höhe. Ebenso ist auch im Freien die Luft über einem Boden, der die Ansammlung dieser Lebewesen begünstigt, besonders reich daran, und diese Verbreitung kommt in den krankmachenden Einflüssen zur Geltung. Besonders in den Tropenländern ist die in abgeschlossenen Becken und Thälern stagnierende Luft zu fürchten, da sie sich mit Miasmen erfüllt.

Ungreifbare und sicher doch stoffliche Beimengungen sind es, die der Luft Gerüche mitteilen. Der Geruch der Wiesen, der Wälder, der Heiden und Steppen, des frisch aufgebrochenen Bodens, des Heues, des frisch gefällten Holzes, des Meeres und anderer Wasserflächen, die Geruchlosigkeit der reinen, durchgeschneiten Winter- oder Höhenluft sind landschaftliche Elemente, deren Wirkung auf unser Empfinden die Licht- und Farbeneindrücke oft weit übertrifft. Es gibt unter den Gerüchen einzelne, die für Orte und Zeiten unbedingt bezeichnend sind: der Veilchengeruch und Hyazinthengeruch des Frühlings, der Harzduft eines Föhrenwaldes zur Sommerzeit, der süßliche Geruch der Veilchenflechte im Hochgebirge, der Anisgeruch junger Champignons im Herbstwald. Winde, die vom Lande aufs Meer wehen, sind Träger jenes besonders aus den Tropengegenden oftmals geschilderten „Landgeruchs", der selbst fern von den Küsten die Nähe einer pflanzenreichen Insel mit Bestimmtheit ankündigt. Pöppig erzählt von einem starken Veilchengeruch, der die Luft über dem Meere vor der Nordküste Kubas erfüllte; er fand später, daß er von einer hoch in die Waldbäume hinaufwindenden Tetracera stammte. Solche Gerüche können sich 10—15 km weit vom Lande verbreiten. Minder angenehme Beiträge zum Landgeruch liefern die Mangrovesümpfe tropischer Küsten (vgl. Bd. I, S. 400 und 451). Daß Tiere mit scharfem Geruchssinne, wie Hunde und Schweine, bei der Annäherung an das Land schon Zeichen von Unruhe geben, noch ehe die Menschen das Land sehen, hängt wohl von diesem Landgeruch ab.

---

2. Das Licht.

Inhalt: Das Sonnenlicht. — Nacht und Dämmerung. — Die Farben des Himmels. — Licht und Schatten.

Das Sonnenlicht.

Ein Teil der Strahlen, die uns die Sonne sendet, empfindet unser Auge als Licht; wir nennen sie Lichtstrahlen. Kurzwelliger als die Wärmestrahlen, sind sie dennoch gleich diesen und den sogenannten chemischen Strahlen einfache Wellenbewegungen des Äthers. Licht- und Wärmestrahlen sind keineswegs streng geschieden, vielmehr wärmen auch die Lichtstrahlen, und

zwar sind die wärmsten die zwischen Rot und Gelb des Spektrums gelegenen. Aber auch von der Wärme abgesehen, ist das Licht, das die Erde von der Sonne erhält, der Träger so wichtiger physikalischer und physiologischer Wirkungen und bestimmt zugleich in so hohem Grade den Charakter der Landschaften, daß es in der Geographie nicht übergangen werden darf.

Für uns ist dreierlei Licht zu unterscheiden: Sonnenlicht, diffuses Licht oder Himmelslicht und, drittens, von der Erdoberfläche und den Dingen an der Erdoberfläche zurückgeworfenes Licht. Wie die Wärmestrahlen werden auch die Lichtstrahlen auf dem Wege durch die Atmosphäre zum Teil absorbiert; doch ersetzt diesen Verlust einigermaßen die Rückstrahlung des Lichtes durch Wasser- und Staubteilchen und Wolken in diffuser Form. Wenn helle weiße Wolken am Himmel günstig stehen, kann das diffuse Licht sogar beträchtlich stärker sein als das unmittelbar eingestrahlte. Es ist das Licht im Schatten, im Wald, in Klüften, in Säulenhallen, Kirchen, Zimmern. Ein Kind der Luft, ohne die es nicht da wäre, trägt es auch Merkmale, welche die Beschaffenheit der Luft ihm aufprägt, denn da die Luft in ungleichem Maße durchlässig ist für die verschiedenen Strahlen des Spektrums, wirkt sie wie ein trübes Medium. Den größten Verlust erfahren die kurzwelligen sogenannten chemischen und die blauen Strahlen, den kleinsten Verlust die langwelligen roten und ultraroten Strahlen. Die Luft saugt in ungemein starkem Maße die violetten und ultravioletten Strahlen auf. Von den violetten werden in einer Luftschicht von 2400 m 25 Prozent, von den ultraroten wird 1 Prozent aufgenommen.

Mit zunehmender Höhe wächst daher der Reichtum des Lichtes an kurzwelligen violetten und ultravioletten Strahlen. Die zerstreuten Licht- und Wärmestrahlen gehen der Erde nicht verloren, sie machen das Himmelsgewölbe gleichsam selbstleuchtend und erzeugen das Himmelsblau. Und wenn das diffuse Licht in auffallendem Maße chemisch wirksam ist, so kommt dies von seinem Reichtum an blauen Strahlen. Der Reichtum an diesen Strahlen und der geringe allgemeine Lichtverlust in großen Höhen hilft auch den Farbenreichtum der Hochlandpflanzen erklären, der am allermeisten in den hoch hinauf bewachsenen Gebirgen Innerasiens bei und über 4000 m hervortritt.

So wie eine Flüssigkeit sich trübt, in die eine andere gegossen wird, deren spezifisches Gewicht größer oder geringer ist (selbst bei Wasser tritt dieses ein, wenn es durch Konvektionsströme im Inneren bewegt ist), so trübt sich auch Luft, die aus dünneren und dichteren Schichten und Streifen besteht, denn das Licht wird in ihr unregelmäßig gebrochen, zerstreut, zurückgeworfen, also geschwächt, so daß solche Luft ein trübes Medium wird. Es mag dazu auch noch beitragen, daß die Luft selbst, indem sie Licht zurückwirft, beleuchtet ist und dadurch unser Auge für die dahinter befindlichen Gegenstände blendet. Endlich wirkt in demselben Sinne auch die Mischung von feuchter und trockener Luft. Daher ist die Luft um so klarer, je gleichmäßiger sie zusammengesetzt ist. Aufsteigende und absteigende Luftströme wirken gleichermaßen trübend; letztere verursachen jene Verschleierung, die oft dem Erscheinen guten Wetters vorausgeht. Die Klarheit der Luft auf der Rückseite einer Cyklone hängt wohl mit der Mächtigkeit des einheitlichen Luftstromes zusammen, der daher fließt.

Aber die größte Klarheit tritt in unserem Klima ein, wenn der in einer Anticyklone absteigende mächtige Luftstrom sich warm und trocken ausgebreitet und durch eine Nebeldecke in der Tiefe jedes Aufsteigen der Luft ausgeschlossen hat. An solchen Tagen, die am häufigsten im Herbst und Winter vorkommen, herrscht über dem Nebel eine seltene Klarheit und Tiefe der Luft: „Über sich hat man den ganz wolkenfreien Himmel von einem Blau, wie man es gewöhnlich nur in Italien sieht, vor sich die ganze Alpenkette in einer Klarheit, wie sie im Sommer nie vorkommt, nicht nur vom Montblanc bis zum Säntis, was im Sommer als ein Non plus ultra gilt, sondern auch noch tief nach Bayern und Österreich hinein“ (Hagenbach vom Jura).

Nacht und Dämmerung.

Zurückwerfung des Lichtes und Zersplitterung des Lichtes in der Luft in unzählige Lichtpünktchen ist die Ursache, daß sich nach Sonnenuntergang und vor Sonnenaufgang ein beträchtlicher Grad von Helligkeit über die Erdoberfläche ausbreitet. Diese Helligkeit, die man Dämmerung nennt, dauert um so länger, je kleiner der Winkel der Sonnenbahn mit dem Horizont ist; außerdem hängt sie aber auch vom Zustand der Atmosphäre ab: je reiner die Luft, desto kürzer die Dämmerung, je feuchter, desto länger, strahlender und farbiger. Daher auch die

Dämmerungsstrahlen. Nach Claude Lorrain.

Vorliebe für die oft beschriebenen und gemalten Sonnenauf- und -untergänge auf dem Meere oder über Mooren und Seen (s. die obenstehende Abbildung). Da die Dämmerung von der Größe des Einfallswinkels der Sonnenstrahlen abhängt, nimmt sie mit der geographischen Breite ab. In den Tropen ist sie am kürzesten, wogegen es von $50^1/_2{}^0$ polwärts keine eigentliche Nacht im höchsten Sonnenstande mehr gibt. Da in den Tropen klare Nächte häufig sind, ist auch wegen des Zustandes der Atmosphäre die Dämmerung dort kurz. Umgekehrt begünstigt die starke relative Feuchtigkeit die Dauer der Dämmerung in den gemäßigten und kalten Zonen, und wo Schnee liegt, verstärkt die tausendfältige Spiegelung auch das schwächste Dämmerlicht.

Sehr viel ist über die Dämmerung in den Tropen gesprochen worden, die angeblich ganz plötzlich anbrechen, einige Minuten dauern und in derselben Weise in Nacht übergehen soll. Dieses hat man besonders seit der Beschreibung von der Dämmerung in Cumana durch A. von Humboldt angenommen. Zahlreiche Schilderungen zeigen uns nun, daß in den Tropen allerdings die Dämmerung, entsprechend dem steileren Tagbogen der Sonne, kürzer ist, aber keineswegs so fast übergangslos verläuft. Wenn die feuchtigkeitgesättigte Luft dunstig oder, wie im tropischen Afrika, mit dem Rauch der Savannenbrände

geschwängert ist, beginnt schon lange vor Sonnenuntergang ein opalisierendes Dämmerlicht sich über die Landschaft zu ergießen. Wo die Luft durchsichtig ist, und gerade in den Tropen ist sie das sehr oft gegen Abend und Morgen, da folgt wohl eine plötzliche Verdüsterung dem Sinken der Sonne unter den Horizont, aber erst nach 20 bis 25 Minuten schließt sie mit der völligen Nacht ab, und in diese Zeit fällt allerdings die Dämmerung, in deren erster Hälfte man mittelgroßen Druck noch zu lesen vermag. Parry fand im Winterhafen (74° 47′ nördl. Breite) zur Zeit des Wintersolstitiums den Wiederschein der mittäglichen Röte des Südhorizontes auf dem Schnee so stark, daß er mehr Licht als in dunkeln Nächten unserer Zone verbreitete.

Der Durchsichtigkeit der Höhenluft gemäß ist die Dämmerung im Hochgebirge heller und kürzer als im Tiefland; David Forbes maß ihre Stärke in den Alpen im Juli und verglich sie mit der des Vollmondlichtes. Beim Aufgang der Sonne empfangen die höchsten Gipfel das Licht am frühesten, weil es für sie keine Beschattung gibt, aber sie selbst beschatten die Gebiete hinter ihnen, und es gibt manches Thal, in das die es umstellenden Höhen überhaupt keinen Sonnenstrahl eindringen lassen. Ebenso tauchen sie des Abends am spätesten in die Nacht hinab. Die Verbreitung des Sonnenlichtes über eine Landschaft ist kein Fließen, sondern ein Fortschreiten von Berg zu Berg, ein ruckweises Überstrahlen der Flächen. Sein Herniedersteigen gehört zu den interessantesten Erscheinungen beim Sonnenaufgang. Es zeigt uns oft erst, wenn es ferner stehende Berge anstrahlt, was höher in das Licht hineinragt, und teilt die Landschaft wie durch eine Lichtisohypse. Lichtenstein erzählt, wie ihm, als er die südlichen Randgebirge der Karru überschritt, die Gliederung der Landschaft durch das Licht so recht zum Bewußtsein kam, denn während die aufgehende Sonne schon die Höhen vergoldete und ihre Profile scharf in den Himmel zeichnete, ruhte in den Thälern noch die Dämmerung, und die Felswände empfingen erst den von oben hereinfallenden Widerschein.

Im Gebirge erzeugt schon jede einfache Dämmerung schöne Farbenentwickelungen und -unterschiede. Am Morgen fließt das Licht von den Höhen in die Tiefe, und wir haben kaum irgendwo eine reinere Vorstellung von der Art, wie die Erde vom Sonnenlicht überströmt wird oder ins Licht taucht und gleichsam darin badet, als im Angesicht des von den Gipfeln in die Thäler sich ergießenden Lichtstromes. Indem die Sonne lange vor dem Aufgang die höchsten Gipfel erhellt, während die Vorberge noch im Duft liegen, sind alle die hervorragenden Teile deutlich zu erkennen, und ihre schärferen Züge machen sich stark geltend gegenüber den Teilen, die im Schatten bleiben. Sie scheinen näher heran-, aus dem Schatten herauszutreten. Die Landschaft teilt sich in eine beleuchtete obere Hälfte und eine beschattete untere. Man glaubt zu sehen, wie die obere auf Kosten der unteren wächst. In diesen kurzen Momenten der Dämmerung entstehen Bilder von kosmischem Charakter, denn es ist doch die Bewegung des Planeten, die sich uns in diesem Wachsen des Lichtes abzeichnet.

Das **Bergglühen** kommt an niedrigen Kalkklippen ebensogut vor wie an Schneebergen. Es führt darum irre, es Alpenglühen zu nennen. Sogar die trockene Wüste kennt ein mattrosenrotes Glühen ihrer Berge im Abendschein. Wenn die Zenithdistanz der Sonne 85° beträgt, wird oft der Überschuß von rotem Licht schon merklich, er steigert sich zum Glühen bei 88° und nimmt bis 91° zu. Dann steigert er sich noch durch den Kontrast zu dem Blau und Violett der Teile, die bereits im Schatten liegen, und durch das reine leuchtende Rot auf den beleuchteten Firnflächen. Dabei ist nicht das Erglühen der Firnfelder und -gipfel das Überraschendste, sondern das Näherrücken dieser hell erleuchteten Abschnitte des Gebirges, die ganz aus dem Rahmen der dunkleren Umgebung heraustreten. Oft erscheint längere Zeit nach Sonnenuntergang ein Nachglühen derselben Berge, die schon ausgeglüht hatten, indem rote Strahlen

von der Luft in demselben flachen Winkel zurückgeworfen werden, in dem sie eingefallen waren; also ein Spiegeln. Schon haben die eigentlichen Dämmerungserscheinungen aufgehört, und wir erblicken Sterne über uns, da leuchtet noch ein milder Schimmer mit grünlichem Licht ganz unten am Horizont: es sind die letzten Lichtstrahlen, die von den obersten Luftschichten uns zugeworfen werden. Derselbe Schimmer wird am nächsten Morgen der Vorbote der Morgendämmerung sein (s. die untenstehende Abbildung).

Von den in einer feuchtigkeitsgesättigten Luft besonders farbenreichen Dämmerungserscheinungen über dem Meere entwirft Junghuhn ein Bild von wissenschaftlicher Treue, um „die Beschaffenheit der Seeluft zwischen den Wendekreisen zu charakterisieren": zu unterst ruht auf dem Horizont ein tiefer dunkelbrauner Streifen, dann folgt ein schwefelgelbes Licht, dann ein weitverbreitetes Rosenrot, dann ein Lilafarben, welches allmählich in die Azurbläue des Zeniths überfließt. Zusehends, je tiefer die Sonne unter den Horizont sinkt, steigt diese Rosenröte tiefer und schmilzt zuletzt mit dem dunkler werdenden Gelb in ein Orangerot zusammen. Noch lange glänzt dies am westlichen Horizont, während sich wegen der äußerst kurzen Dämmerung unter den Tropen der übrige Himmel rasch verdunkelt.

Sonnenuntergang am Atlantischen Ozean. Nach Photographie.

Zum Schluß sei noch an das ebenfalls zonenweise verschiedene Licht der Nachtgestirne erinnert, das seine größte Leuchtkraft in den äquatorialen Hochländern erreicht. Auf dem ostafrikanischen Hochlande hat Paul Reichard die Venus mit einem solchen Lichtreichtum hinter dem Wald oder über einen Berg aufsteigen sehen, daß er an einen fernen Brand glaubte, bis die Scheibe sichtbar wurde, die dann bis morgens 10 Uhr wahrzunehmen war. In klaren Nächten werfen dort alle von der Venus bestrahlten Gegenstände Schatten.

Die Farben des Himmels.

Die Luft hat keine Eigenfarbe. Das Blau des Himmels entsteht durch die Zurückwerfung der blauen Strahlen des Lichtes in der Luft. Es ist nicht nötig, zu diesem Zwecke feinste,

in Höhen schwebende Staubkörnchen anzunehmen, sondern die Luftmoleküle selbst besorgen die Zerstreuung des Lichtes; an dieser Zurückwerfung hat der Wasserdampf in der Luft einen wesentlichen Teil, womit das tiefere Blau zusammenhängt, das der Himmel nach dem Regen zeigt, sowie das Blau der Berge bei nahendem Regen. Das Blau ist tiefer im Zenith als am Horizont, denn das Licht muß weitere und staubreichere Wege durch die Luft zurücklegen, wenn es vom Horizont her kommt. De Saussure maß an seinem Cyanometer den Unterschied als 23 und 4. Wenn wir uns im Gebirge oder auf Hochländern erheben, so wird mit der Höhe der Himmel blauer. Der Unterschied tritt schon von 1000 m an hervor, und über 3000 m wölbt sich oft ein so dunkler Himmel, daß man ihn fast schwarz nennen möchte. Natürlich hebt er sich vom leuchtenden Weiß der Firnhäupter doppelt scharf ab. Auch ist der Himmel über Ländern mit warmem und trockenem Klima dunkler als über den Ländern mit kühlem und feuchtem Klima. Der sprichwörtliche tiefblaue Tropenhimmel ist nur in den subtropischen Passatregionen zu finden, und hier besonders auf passatüberwehtem Meer, nicht aber im feuchtwarmen Äquatorialgürtel, wo die beständig zur Wolkenbildung neigende, mit Wasserdampf fast gesättigte Luft weißlichblau ist; der blendende Lichtreichtum der Tropen, für viele Europäer auf die Dauer empfindlicher als die Sonnenhitze, verleiht diesem trüben Ton allerdings etwas Leuchtendes, das einen wahren Opalschimmer niederfluten läßt. Aber klare Fernblicke sind gerade in tropischen Gebirgen nicht häufig. Eine Ausnahme machen die tropischen Hochländer, deren Klima allerdings, z. B. in dem 2850 m hohen Quito, wo der Himmel indigoblau genannt wird, nicht mehr tropisch ist. Jede Stelle am Himmel wird an einem wolkenlosen Tage gegen Mittag dunkler blau und nimmt gegen Abend an Bläue wieder ab. Von den Samoa-Inseln rühmt Gräffe ausdrücklich den kornblumenblauen Himmel, den aber vom Meereshorizont sehr oft ein weißer Dunststreifen trennt, so daß eine scharfe Horizontlinie nicht gewöhnlich ist.

Wohl ist der Wüstenhimmel selten bewölkt, aber auch er ist nicht immer so rein blau wie der Himmel feuchterer Zonen; der Mangel an Wasserdampf und die schwebenden Staubteilchen machen ihn weißlichblau. „Selten ist der Himmel von der klaren, tiefblauen Ätherfarbe, wie wir sie im subtropischen Gebiet, in den Ländern des Mittelmeeres bewundern, sondern meist weißlich oder bläulichweiß“, sagt Nachtigal vom Himmel von Fessân; Prschewalskij nennt wegen des Staubes in der Luft den klaren blauen Himmel eine große Seltenheit im Tarimbecken. Desgleichen stand in der staubigen Luft der Wüste von Zentralasien Sven Hedin oft dicht an einer Düne, die ihm wegen ihrer undeutlichen Umrisse fern erschienen war. Mit dem Staubgehalt hängt es wohl zusammen, daß die Wüstenluft mehr Rot zurückwirft und ferne Berge, die bei uns blau sind, sich in Violett kleiden.

So schreibt z. B. Sewerzow vom Fuß des Tiënschan: Der blaue Himmel, der türkisblaue Issyk-kul, die violett angehauchten unteren Teile des Alatau und darüber die silbernen Schneezacken: ein einfaches, aber hinreißendes Bild.

Im trockenen Himmel fehlen die milden und mannigfaltigen Abstufungen der Töne des feuchten: der „Luftton“ fehlt. Die verschiedenen Entfernungen verschmelzen miteinander, es wird schwer, sie zu schätzen und auseinanderzuhalten, man sieht wie durch einen völlig leeren Raum. Man hat das in der einförmigen Steppe dem Fehlen von Vergleichsobjekten zuschreiben wollen, aber derselbe Zustand herrscht auch in den Steppengebirgen und in den Polargebieten, deren Himmel durch große Kälte trocken und fast beständig von feinsten Niederschlägen in Form von Eisstaub erfüllt ist (vgl. die Tafel „Mitternachtssonne“ bei S. 434). Darwin schreibt es nicht ganz richtig der außerordentlichen Durchsichtigkeit der Luft zu, daß in den Pampas „alle

Gegenstände fast in eine Ebene gebracht zu sein scheinen, wie in einer Zeichnung oder in einem Panorama". Das ist mehr Sache der Trockenheit.

Lichtstrahlen vom Horizont haben einen viel längeren Weg zurückzulegen als vom Zenith; sie verlieren Blau, und in unser Auge kommt von ihnen mehr Gelb und Rot. Gehoben werden diese Farben durch das gleichzeitige Hellerwerden des Himmels vom Zenith her. Während bei der Abendröte der Westhimmel sich in Gelb und Rot kleidet, erscheint am Osthimmel eine Rötung, die beim Sinken der Sonne unter den Horizont sich zu tiefem Purpur steigern kann. Aber diese Rötung wird sehr bald von tiefem Blau verdrängt, um das sie einen rasch verblassenden Rand bildet. Das ist das Bild des Erdschattens, bei reiner Ausbildung ein Kreisabschnitt, dessen höchster Punkt der Stelle des Sonnenunterganges gerade gegenüberliegt. Wolken steigern die Farbenpracht der Dämmerung, und es kommt, besonders in Wolkenrissen, lebhaft grüngefärbter Himmel zum Vorschein. Am Meere und an Seen kommt die spiegelnde Wasserfläche mit hinzu.

Am Gardasee habe ich an Frühlingsabenden gesehen, wenn die Sonne sich dem welligen Rande des Sees näherte, wie sich der ganze See vor meinem östlichen Standpunkt in einen grauen Silberspiegel verwandelte, mit zahlreichen Goldfunken und einem goldenen Strich mitten durch. Im Süden leuchtete er gleichzeitig grün.

Licht und Schatten.

Wer dieselbe Landschaft zu den verschiedenen Tageszeiten betrachtet, wird sich von der vollkommenen Eigenartigkeit der Morgen- und Abend-, besonders aber der Tag- und Nachtbilder überzeugen. Er wird die Wahrheit des A. von Humboldtschen Satzes würdigen, daß „der Eindruck, welchen der Anblick der Natur in uns zurückläßt, minder durch die Eigentümlichkeit der Gegend als durch die Beleuchtung bestimmt wird, unter der Berg und Flur bald bei ätherischer Himmelsbläue, bald im Schatten tiefschwebenden Gewölkes erscheinen". Darauf beruht ein großer Teil des Reichtums der Natur, daß der gleiche Gegenstand in verschiedenen Beleuchtungen so weit abweichende Bilder gewährt, wobei die Abstufungen des Lichtreichtums nicht etwa nur durch Beschattung und Beleuchtung wirken, sondern eine Fülle von Farbenunterschieden neu hervorbringen.

Die nächste und engst verbundene Begleiterscheinung ist bei allen im Lichte stehenden Gegenständen der Schatten. Kein Licht ohne Schatten. In der Sprache der Naturschilderung hat aber das Wort Schatten zweierlei Bedeutung: es meint einmal den Schatten, den ein Gegenstand im Lichte wirft, und dann aber die Lichtarmut eines Raumes. Wenn wir sagen: im tiefen Schatten des Urwaldes, so meinen wir das Dunkel, das unter den Kronen des Waldes herrscht. Die beiden Bezeichnungen kommen zuletzt auf dasselbe hinaus, auf Lichtarmut, doch wollen wir uns einstweilen nur mit dem Schatten befassen, der ein sichtbares Licht begleitet. Weil ein solcher Schatten lichtarm ist, halten wir ihn zuerst für grau. Aber bei näherer Betrachtung sehen wir immer mehr farbige Schatten. Dort geht die Sonne jenseit des Sees unter, wir sehen, wie der Schatten der Westberge von kleinen Anfängen langsam das Ostgestade hinauf wächst, blau auf braunem Grund und immer unbestimmter werdend. Der Schatten des Waldes ist grün, er kann aber bei durchfallendem Licht auch rötlich werden. Der Schatten des Schnees ist blau; die weißen Schneelandschaften älterer Meister sind unrichtig gesehen, während man sie jetzt fast nur zu blau malt. Das blaue Meer hat veilchenblaue bis purpurne Schatten, aber seine Dämmerungssonne wirft braune Schatten. Die Schatten sind das Mittel zur Zeichnung des Reliefs: was tief liegt, ist im allgemeinen lichtärmer als was hervortritt. Je

tiefere Schatten und je hellere Lichter in einer Landschaft nebeneinanderliegen, desto größer sind deren Formunterschiede. Unabhängig davon sind die von Natur dunkeln und hellen Gegenstände: die dunkeln vulkanischen Gesteine (s. oben, Bd. I, S. 173), die hellen Firnfelder u. dgl.

Wenn eine Landschaft sich aus dem Nebelschleier befreit, der sie umhüllte, scheint das Licht sich auf einigen hellen Punkten zu sammeln, von denen es wie aus Lichtquellen ausfließt. Ein weißes Kirchlein in halber Berghöhe, die hellen Segel eines Schiffes, vielleicht selbst ein Stück weißbestaubter Landstraße wirken wie Lichtsammler, blendend strahlen sie aus dem Dufte hervor. Vor allem leuchtet aber der Schnee von den Bergen herab; von besonnten Schneefeldern fließt es wie ein Überschuß von Licht auf die braune Heide über, und diese Firnfelder, deren Weiß die lichtreichste Wolke überstrahlte, scheinen durch ihr starkes Licht uns näher zu sein. Aus weiter Ferne gesehen, erstaunt uns das wolkenhaft Zarte des Hervorgehens der Schneeberge aus grünlichgrauer Dämmerung. Dabei sind die Umrisse scharf und das Licht klar, ohne doch den Übergang aus dem Schatten irgendwie unruhig zu machen. Es wirkt sicherlich die fast gesättigte Wasserdampfhülle mit, die solche Gegenstände umgibt; je trockener dagegen eine Luft ist, desto härter liegen Licht und Schatten in der Landschaft, die wir durch sie erblicken. Dazu gehören auch der ungemein starke, fast empfindliche Glanz der Sterne und das Leuchten des Mondes auf Gebirgshöhen. Oft sind deshalb die Nächte auf den Hochländern Südamerikas gerühmt worden. Aber wer in den Alpen jenseits 2000 m genächtigt hat, weiß auch von einer Lichtfülle des gestirnten Himmels zu erzählen, die das Tiefland nicht kennt.

Die Strahlenbrechung, die Ursache merkwürdiger Veränderungen und selbst märchenhafter Schöpfungen an unserem Horizont (s. die beigeheftete farbige Tafel „Luftspiegelung in der Wüste"), darf eine geographische Betrachtung der Luft um so weniger übersehen, als sie höchst wichtig für die Messung der Höhen ist; denn da die terrestrische Refraktion fast ausschließlich bedingt wird von der Abnahme der Wärme zwischen dem unteren und dem oberen Punkt, und diese Abnahme im Laufe des Jahres nur um wenige Grade variieren kann, so kann die Temperatur eines entfernten Berggipfels von der Ebene aus mit dem Theodoliten gemessen werden. Das Bild dieses Gipfels pflegt zu steigen bis etwas nach Sonnenaufgang und sinkt dann bis zum Nachmittag, um gegen Sonnenuntergang sich wieder zu heben. Die Erweiterung unseres Gesichtskreises durch die Strahlenbrechung ist beträchtlich. Inseln von 60 m Höhe, die man von einem Schiffe bei 4 m Höhe auf 20 Seemeilen sehen würde, werden durch Strahlenbrechungen schon aus 50 Seemeilen Entfernung sichtbar.

Daß die Abenddämmerung die Berge niedriger macht, ist eine alte Beobachtung. Der Grund wurde in der Erscheinung der Berge als schwere, nähergerückte Massen gesucht, er liegt aber hauptsächlich in der Lichtbrechung. Mondscheinlandschaften zeigen dieselbe Erscheinung; auch Nebelumhüllung wirkt ähnlich, wie man besonders beim Fernblick auf Gebirge leicht sieht. Indem die durch die Kälte bis auf 3° gesteigerte Refraktion die Sonne schon sichtbar macht, wenn sie noch unter dem Horizont steht, verkürzt sie die Dauer der Polarnacht um Tage. Parrys Überwinterung im Winterhafen, nahe bei 75° nördl. Breite, hatte aus diesem Grunde 84 Tage ohne Sonne statt 96. Aber noch mehr wirkt sie durch die Verlängerung der Dämmerung, die man in dieser Breite auch zur Zeit des tiefsten Sonnenstandes um Mittag einige Stunden den Südhimmel erhellen sah. Auch für die Weyprecht-Payersche Polarexpedition, die in Franz Josefs-Land bei 80° nördl. Breite überwinterte, war der Südhimmel am 21. Dezember von der Dämmerung leicht erhellt. Besonders schön ist aber am Nordhimmel der rote Lichtbogen, der in der Zeit des Verschwindens und Zurückkehrens der Sonne den noch im

W. Kuhnert.

LUFTSPIEGELUNG IN DER WÜSTE.

Nach der Natur gemalt von *W. Kuhnert*.

Erdschatten liegenden Teil des Himmels von dem bereits beschienenen trennt. Von Blau und Indigo geht er in Violett und Rot über und wird mit der Zunahme der Helligkeit der Dämmerung immer leuchtender. Die Zurückwerfung aller Lichtstrahlen von der Firn- und Eisdecke verstärkt das Dämmerlicht auch in der dauernden Nacht des tiefsten Winters so, daß eine Dunkelheit wie in mancher Nacht der gemäßigten Zone hier nicht zu stande kommt.

3. Die Wärme.

Inhalt: Wärmequellen der Erde. Die Sonnenstrahlung. — Die Bestrahlung der Erde durch die Sonne. — Die Erwärmung des Bodens. — Die Wärmeabnahme mit der Höhe. — Das Höhenklima. — Die Wärme und das Wasser. — Die Ausstrahlung. — Jahreswärme und andere Durchschnitte. — Die Linien gleicher Jahreswärme (Isothermen). — Die Zoneneinteilung. — Die Jahreszeiten.

Wärmequellen der Erde. Die Sonnenstrahlung.

Als Wärmequellen für die Erdoberfläche kommen nur die Sonne und das Erdinnere in Betracht. Die sicherlich ungemein kleine Wärmestrahlung der Sterne wird man wahrscheinlich nie messen können, und die Wärmestrahlung des Mondes, die man wenigstens schätzen kann, ist ebenfalls praktisch bedeutungslos. Die Bedeutung der inneren Erdwärme liegt mehr darin, daß sie wie ein Strom von gewaltiger Stetigkeit die Erdoberfläche sozusagen von innen her umspült, als in der Größe der Wärmemengen, die sie abgibt. Diese sind vielmehr verschwindend im Vergleich mit der Sonnenwärme, wenn es auch in Höhlen nicht selten vorkommt, daß die Wärme in der Nähe des Einganges erst ab- und dann unregelmäßig und sehr langsam zunimmt, oder in tiefen Bergwerken, daß Temperaturen über Blutwärme andauernde Arbeit unmöglich machen. Vgl. über diese Wärmequelle Band I, S. 106 u. f., Band II, S. 225.

Die Sonne gibt aus ihrer gewaltigen Wärmequelle Wärme an die Erde durch unmittelbare Strahlung und auf verschlungenen Wegen der Zurückwerfung ab. Welche Veränderungen die Menge der zu uns gelangenden Wärme jährlich und täglich durch den Wandel und Wechsel im Stande der Sonne erfährt, weiß jedermann. Hängt doch der Gang unseres Lebens, unseres Arbeitens, unsere Seelenstimmung davon ab. Es gibt aber noch andere Abstufungen, die in Vorgängen auf der Sonne selbst und in Änderungen der Stellung der Erde zur Sonne begründet sind. Die Vorgänge in der Sonne, deren Symptome Sonnenflecken und Sonnenfackeln sind, haben wir in der Betrachtung der kosmischen Umwelt angedeutet (vgl. Band I, S. 78 u. f.), und die Betrachtung der Klimaschwankungen wird uns auf sie zurückführen. Einen weiteren Unterschied bedingt die Veränderlichkeit der Entfernung zwischen Erde und Sonne. Da die Erde im südhemisphärischen Sommer sich in der Sonnennähe befindet, empfängt die Südhalbkugel eine intensivere Bestrahlung als die Nordhalbkugel in ihrem Sommer. Die Stärke der Sonnenstrahlung ist im Januar um $1/15$ größer als im Juni. Wenn auch das Übergewicht der Wasserflächen den südhemisphärischen Sommer im ganzen mildert, sind doch die Temperaturmaxima größer, und der Boden wird stärker erhitzt. Indem nun der südhemisphärische Winter mit der Sonnenferne zusammenfällt, ist im allgemeinen das solare Klima der Südhalbkugel extremer als das der Nordhalbkugel. Das würde viel stärker hervortreten, wenn nicht die Erde in der Sonnennähe sich schneller bewegte, so daß sie der Sonne acht Tage weniger ihre Südseite zuwendet als ihre Nordseite. Dadurch wird das Mehr der Bestrahlung ausgeglichen, so daß die beiden Halbkugeln jede in ihrem Sommerhalbjahr ungefähr die gleiche Strahlenmenge

erhalten. Bei Sonnenfinsternissen ruft die rasche Abnahme der Sonnenstrahlung Abkühlung, Dunst- und Wolkenbildung und selbst Niederschläge hervor.

Eine große Quelle von Wärme ist für unsere Erde die Verwandlung von Energie in Wärme in absteigender Luft sowie in Wasserdampf, der sich verdichtet. Der Übergang von Wasserdampf in den flüssigen Zustand bedeutet in jeder aufsteigenden Luftmasse ein Freiwerden von Wärme. Eine feuchte Luftmasse hat immer einen größeren Wärmeinhalt als eine trockene von gleicher Temperatur; daher kühlt auch feuchte Luft beim Emporsteigen sich langsamer ab als trockene, und die Wärmeabnahme mit der Höhe muß in jener langsamer vor sich gehen als in dieser. Die Verwandlung von chemischer Energie in Wärme beim Lebensprozeß wirkt nicht nach außen, ist aber von entscheidender Bedeutung für die Verbreitung des Lebens.

Welche wichtige Aufgabe besonders der Verwandlung von Energie in Wärme in absteigender Luft zugeteilt ist, wird uns sofort klar, wenn wir bedenken, wie ungemein nahe vermöge der so raschen Wärmeabnahme Temperaturen von tödlicher Tiefe die Erde umgeben. Die niedrigste natürliche Temperatur, die man gemessen hat, -70^0, hat ein selbstregistrierender Ballon aus der Höhe von 15,000 m gebracht; Berson hat in 9150 m -48^0 gemessen. Die sehr niedrigen Temperaturen unserer Höhenstationen werden wir noch kennen lernen. Nur die Steigerung der Temperaturen in erdwärts bewegten Luftmassen hindert verderbliche Kälteinvasionen aus diesem ungeheuern eisigen Raum, der uns so nahe umgibt.

Die Bestrahlung der Erde durch die Sonne.

Die Menge der Wärme, die irgend ein Teil der Erde empfängt, hängt zunächst von dem Einfallswinkel der Strahlen der Sonne und von der Dauer der Bestrahlung ab. Je näher der Einfallswinkel einem rechten ist, desto mehr Licht und Wärme bringen die Sonnenstrahlen. Dies bestimmt sowohl die Stärke der täglichen als der jährlichen Strahlung. Die Wärme in den Tropenzonen ist wesentlich abhängig von der Größe dieses Winkels, d. h. von der Höhe der Sonne über dem Horizont, und hier steigert sich durch das steile Aufsteigen des Bogens der Sonnenbahn die Wärme rascher. Gehen wir aber über die Wendekreise hinaus, so ändert sich das Bild, denn nun tritt die Dauer der Bestrahlung als ein Element hinzu, das in der Sommerzeit polwärts wächst, so daß wir am 21. Juni ein Maximum der Intensität der Sonnenstrahlung unter $43^0\ 30'$ und ein zweites innerhalb des Polarkreises haben, das sich nach dem Pol hin zum absoluten Maximum steigert. Dieses Maximum der Bestrahlung des Nordpoles am 21. Juni ist um 20 Prozent größer als die Bestrahlung, die der Äquator jemals empfängt. Aber durch die Abwesenheit aller Sonnenstrahlung in einem Teil des Winters und durch das Auffallen der Strahlen in kleinem Winkel im übrigen Teil des Jahres wird die Ausstrahlung so übermächtig, daß sie trotz der im Sommer nachtlosen, ununterbrochenen Sonnenstrahlung aus den Polargebieten die eigentlichen Kältegebiete der Erde macht. Dabei hat die Polarnacht noch die Wirkung, daß der Eintritt der niedrigsten Temperaturen sich im Polarklima viel stärker verzögert als der der höchsten.

Die strahlende Wärme der Sonne ist durch ihre Wirkungen auf die unorganische Welt: Erhitzung und Sprengung der Gesteine, Eindringen in den Boden, in das Meer und andere Wassermassen, von großer Bedeutung. Diese und ihr Einfluß auf die Lebensprozesse steigen mit der Höhe, da die Stärke der Sonnenstrahlung mit der Verdünnung der Luft und der Abnahme des Wasserdampfes rasch wächst. Der Unterschied zwischen Sonnen- und Schattentemperatur, der am Meere nur wenige Grade mißt, steigt unter Umständen auf das Zehnfache in 3000 m

Höhe. Gerade darin liegt auch die Bedeutung der strahlenden Wärme für die klimatischen Winterkurorte. Man mißt die strahlende Sonnenwärme mit dem Schwarzkugelthermometer, das neben einem gewöhnlichen Thermometer aufgestellt wird.

In Davos hat man im Dezember bei einem mittleren Maximum von — 1,5° am Schwarzkugelthermometer 39° gemessen, Hooker hat in Tibet das Schwarzkugelthermometer auf 55° neben einer beschatteten Schneefläche von —5,6° steigen sehen, Frankland erhielt ein ähnliches Resultat auf der Diavolezza (2980 m), wo die Temperatur in der Sonne (59°) die im Schatten (6°) um 53° übertraf, und Hans Meyer hat an der Nordseite des Kilimandscharo in 4450 m Höhe am Schwarzkugelthermometer 61,5° Strahlungstemperatur bei 8° Lufttemperatur und an der Westseite in 3640 m Höhe sogar 87,5° Strahlungstemperatur bei 14° Lufttemperatur, der ein nächtliches Minimum von — 3,5° folgte, gemessen. Nordenskiöld maß auf dem grönländischen Inlandeis 20° Wärme in der Sonne, aber 2—8° Wärme im Schatten in 1 m Höhe über dem Gletschereis, dessen mächtige Bäche und Kaskaden die Intensität der Schmelzarbeit bezeugten. Bemerkenswert ist auch bei ihrer starken Wirkung auf den Lebensprozeß die Zunahme der ultravioletten Strahlen in größeren Höhen.

Die Wege der Sonnenstrahlen sind länger bei tiefer stehender, kürzer bei höher stehender Sonne. Deswegen wird auch die tägliche Änderung der Sonnenstrahlung in den höheren Schichten der Atmosphäre immer kleiner. Im allgemeinen ist die Luft am Vormittag durchstrahlbarer als am Nachmittag, und an klaren Wintertagen ist die Wirkung der Sonnenstrahlen größer als im Sommer. Doch gibt es neben diesen großen Veränderungen beständig Schwankungen der Durchstrahlbarkeit auch im rein blauen Himmel, die vorzüglich mit dem Gehalt an Wasserdampf zusammenhängen.

Von nicht geringer Bedeutung ist die gespiegelte Wärme, die von glatten Flächen, besonders Wasserflächen, zurückgeworfen wird. Sie kann die Wärme der Luft um eine Reihe von Graden erhöhen. Ihr verdanken die Weine vom Rhein, von der Mosel, vom Genfer See ihre letzte Reife und vielleicht einen Teil ihrer Kraft. Wenn in einem Gebirgsthale die Hänge bei Tag wärmer sind als die Luft in gleicher Höhe, geben sie natürlich Wärme ab. So hat Frankland in Pontresina 3 m vor einer weißen Wand 38,7° und gleichzeitig über einer benachbarten Wiese volle 10° weniger erhalten. Die starke Wärme, welche Gletscher und Firnfelder zurückstrahlen, ist zum Teil ebenfalls gespiegelte Wärme.

Zu der direkten Strahlung der Sonne gesellt sich die diffuse der Atmosphäre selbst, durch welche die Erde auf Umwegen etwas von der Wärme empfängt, die auf dem geraden Wege nicht bis zu ihr gelangt war. Denn die Luft strahlt durch Reflexion an Wasser- und Staubteilchen und Wolken einen Teil der Wärme wieder der Erde zu, die sie den Sonnenstrahlen entzogen hatte. Je tiefer der Sonnenstand und je länger die Wege der Sonnenstrahlen sind, desto größer wird auch diese diffuse Strahlung. Es gibt in den gemäßigten Erdgürteln Stellen, wo fast nur diffuse Wärme zur Erscheinung kommt, da der Himmel fast das ganze Jahr hindurch bewölkt ist. Sie sind alle durch ein sehr abgeglichenes Klima ausgezeichnet. Hann stellt Thorshaven auf den Färöer mit Riva zusammen, dieses unter 46°, jenes unter 62° nördl. Breite, dort 3,3°, hier 3,9° Wintertemperatur, aber dort selten im Dezember ein Strahl der kaum über den Horizont steigenden Sonne, hier viermal in 10 Jahren Dezember mit nur 10—20 Prozent mittlerer Bewölkung! Groß ist die Rückstrahlung des Schnees, Firnes und Eises. Die Kristallspiegel, die wir auf allen Seiten in einer neugebildeten Schneedecke aufblitzen sehen, werfen die Sonnenstrahlen kräftig zurück; verkümmern auch mit der Verfirnung die großen Spiegelflächen, so bleibt doch immer weiter die Zurückwerfung wirksam; dazu kommt die ihr so günstige weiße Farbe des Schnees. Ferner hat vermöge ihrer Zusammensetzung aus zahllosen Kristallen die Schneefläche eine Masse von ausstrahlenden Spitzen und Flächen, und endlich ist die

Wärmeleitung einer Schneemasse, die aus tausend wechselnden Schichten und Zwischenschichten von Eis, Wasser und schlecht leitender Luft besteht, ungemein gering. Jeder Firn- und Gletscherwanderer erfährt die Wirkung dieser Zurückwerfung an der Bräunung seiner Haut, im ungünstigen Fall am Gletscherbrand.

Da die Wärmestrahlen die Luft durchdringen, fast ohne Wärme abzugeben, muß die Wärme der Luft zum weitaus größten Teil durch Rückstrahlung aus Medien entstehen, die vorher Wärme aufgenommen hatten. Das ist eine wichtige Sache, denn es liegt darin der tiefgehende Einfluß der Verteilung von Wasser und Land auf das Klima, die Wärmeabnahme mit der Höhe, die Wirkungen der Ausstrahlung. Es ist nun wohl zu bemerken, daß die Luft nicht unter allen Umständen gleich wärmedurchlässig ist; die Wärmedurchlässigkeit der Luft vermindert sich mit ihrem Gehalt an Wasserdampf und Kohlensäure und mit der Feuchtigkeit; Nebel und Wolkendecken machen sie noch geringer. Dadurch wird gerade das Klima solcher Gegenden gemildert, in denen die Sonnenstrahlung häufig durch Wolken, Nebel, Lufttrübung unterbrochen oder geschwächt wird, also vor allem jedes ozeanische Klima, am meisten aber das Klima der Antarktis. Besonders durch die Kohlensäure und den Wasserdampf wird die Luft befähigt, die Strahlen des dunkeln, noch wärmenden Teiles des Spektrums zurückzuhalten und in Wärme umzusetzen. Nun gehört die Rückstrahlung der erwärmten Erde gerade der dunkeln Wärmestrahlung an; die Atmosphäre speichert also an der Erdoberfläche um so mehr Wärme an, je wasser- und kohlensäurereicher sie selbst ist.

Die Erwärmung des Bodens.

Durch die Zurückwerfung der Wärme übt der Boden eine unmittelbare Wirkung auf die Erwärmung der Luft aus, und ein großer Teil der Klimaunterschiede führt auf die Beschaffenheit dieses Bodens des Luftmeeres zurück. Der Gegensatz von Land und Wasser im Klima wird verständlicher, wenn wir uns an die 70° erinnern, zu denen der Sand der Sahara sich erwärmt, an die 78°, die man im Sand bei Bagdad gemessen hat, oder an die 85° der Temperatur am Boden in Loango, und wenn wir damit die Temperaturen an der Meeresoberfläche in Vergleich setzen, die auch in den Tropen selten über 30° hinausgehen. Die täglichen Veränderungen der Temperatur dringen in den Boden bei uns kaum bis zu 1 m Tiefe ein, und schon in 23 m Tiefe dürfte die jährliche Variation nur noch 0,01° betragen. In den Tropen, wo die jahreszeitlichen Gegensätze geringer sind, ist die Schicht konstanter Temperatur schon bei 6 m erreicht; aber in den „glühenden" Dünenhügeln von Concon an der peruanischen Küste maß Pöppig in 40 m Tiefe 40—58°. Die kräftigere Insolation bewirkt, daß auf den Bergen der Boden bis zu größerer Tiefe erwärmt wird als in den Thälern, so daß mit der Höhe der Unterschied zwischen Boden- und Lufttemperatur zu gunsten der Bodentemperatur wächst. Nach A. von Kerners Beobachtungen beträgt der mittlere Unterschied beider in den Tiroler Zentralalpen bei 1000 m 1,5°, bei 1600 m 2,4°, und nach Martins' Untersuchungen war zu gleicher Zeit die Temperatur des Bodens in 5 cm Tiefe auf dem Gipfel des Pic du Midi (2877 m) 7° höher als die Luftwärme, in Bagnères (551 m) am Fuß des Berges 3,2° höher. Für das Gedeihen der Alpenflora ist es von Wichtigkeit, daß starke Bodenwärme und kräftiges Licht sie bis zur äußersten Höhengrenze des Lebens begünstigen.

Die Wirkung der Form des Bodens auf das Klima erhellt aus den Hemmnissen, welche eine Erhebung der Luftbewegung entgegenstellt, die gegen diese Bodenerhebung gerichtet ist, und nicht minder aus der Erleichterung, welche Luftströme in Bodenrinnen erfahren. Ganz

Nordamerika kann von jenseit des 100. Längengrades bis zum Atlantischen Ozean von einem Luftwirbel durchzogen werden, aber in Kalifornien setzt schon das Küstengebirge dem Einfluß des Stillen Ozeans eine Schranke; ozeanisches, kühlfeuchtes und kontinentales, warmtrockenes Klima liegen kaum irgendwo auf der Erde so hart nebeneinander wie dort. In geschlossenen Thalmulden stagniert die Luft und kühlt sich im Winter weit unter die Temperatur der höher, aber freier gelegenen Umgebungen ab.

Daß Klagenfurt eine Januartemperatur von −6, Bozen von 0° hat, während beide Orte fast gleich in 46½° nördl. Breite liegen, ist wesentlich eine Folge der umschlossenen Lage Klagenfurts, die nur Luft von Osten zuläßt, während Bozen nach Süden offen ist. Sogar der Januar des ozeanisch offenen Hammerfest ist milder als der Klagenfurts. Im geschlossenen Lungau in den Salzburger Alpen, den man das österreichische Sibirien genannt hat, kommen Kältegrade von −30° in 1000 m Höhe vor. Und ebenso niedrige Temperaturen hat man in abgeschlossenen Thälern der Balkanhalbinsel ganz nahe beim Adriatischen Meere beobachtet. Vielleicht ist Ostturkestan im Gebirgsrahmen des Tiënschan, des Pamir und des Küenlün das größte Beispiel solcher Abschließung. Dort bildet sich ein sommerliches Tiefdruckgebiet unabhängig von dem indisch iranischen, wie denn überhaupt die Erwärmung in umschlossenen Gebieten, die keinen frischen Luftzug eindringen lassen, sich gewaltig steigern kann. In dem unter Meereshöhe liegenden Totenthal in Südkalifornien hat man Schattentemperaturen von 50° gemessen.

Für die klimatischen Wirkungen der Lage zur Sonne haben wir zahlreiche Beispiele in dem Schnee- und Firnkapitel (s. oben, S. 305 und 323) anzuführen gehabt. Es werden auf der Nordhalbkugel die Süd-, auf der Südhalbkugel die Nordhänge bevorzugt sein, wogegen in den Äquinoktialgegenden beide gleichstehen. Im allgemeinen wird diese Begünstigung an Erhebungen, die im Sinne der Parallelkreise ziehen, besonders deutlich hervortreten, und so finden wir denn in den Alpen und Pyrenäen, im Kaukasus Unterschiede der Höhengrenzen der Pflanzen, des Firnes, der Gletscher u. a. zwischen Süd- und Nordabhängen, die Hunderte von Metern erreichen. Auch sind ostwestlich ziehende Thäler vor den länger beschatteten nordsüdlichen bevorzugt. Es gibt Thäler, deren Umwallung die Sonnenstrahlen wenigstens in einem Teil des Jahres abhält, wofür Thäler mit hohen Wänden auf der Südseite Belege bieten. Daß z. B. der Boden der großen Schneegrube im Riesengebirge von Mitte Oktober bis in den März von keinem Sonnenstrahl erreicht wird, trägt zur Erhaltung der dortigen Firnreste bei; daß in unserer Zone im Gebirge die Vormittage in der Regel im Sommer heiterer sind, im Winter die Nachmittage, macht im Sommer die Südostseite zur begünstigten, im Winter die Südwestseite; wo aber an Bergen feuchtwarmer Zonen sich alltäglich in bestimmter Höhe mittags ein „Wolkenring" entwickelt, wird die Westseite des Berges unter dem Wolkenschutz feuchter und kühler.

Natürlich kommt auch die Lage zu vorwaltenden Winden zur Geltung. Schon Harz und Thüringer Wald zeigen Unterschiede des Luftdrucks und der Niederschläge zwischen Süd- und Nordabhang; aber ungemein steigern sich dieselben in den Passatgebieten, wo z. B. die durchschnittlich 6000 m hohe Danglakette in Osttibet durch Abhaltung der feuchten indischen Südwinde die Landschaft an ihrem Nordabhang fast zur Wüste macht.

Die Wärmeabnahme mit der Höhe.

Je höher man steigt, um so weiter entfernt man sich von der die Sonnenwärme zurückstrahlenden Erdfläche, und um so dünner, der Ausstrahlung günstiger, wird die Luft. Auch wird diese, da sie durch Ausdehnung um so mehr Wärme verbraucht, je höher sie ansteigt, immer weniger von der Wärme, die sie ursprünglich hatte, in die Höhe tragen. Daher wird im allgemeinen mit zunehmender Höhe die Luft kälter. Diese Wärmeabnahme mag sich in den der Erde näher liegenden Luftschichten nicht immer einstellen und im Betrage schwanken; es

mag sogar nicht selten die Wärme in gewissen Grenzen mit der Höhe zunehmen, besonders in hellen Nächten; aber die Abnahme ist nichtsdestoweniger eine allgemeine Regel. Man findet in Gebirgsländern durchschnittlich eine Temperaturerniedrigung um 1°, wenn man 170 m steigt. Doch ist die Stufe vielleicht in den Tropen etwas größer, wie schon A. von Humboldt in den Anden von Südamerika 0,57° Abnahme auf 100 m gefunden hatte, auch ist sie nicht gleich auf verschiedenen Abhängen eines Gebirges. So beträgt sie 0,68° auf der Süd- und 0,55° auf der Nordseite der Alpen, 0,49° auf der Süd- und 0,41° auf der Nordseite des Kaukasus, 0,63° auf der Süd- und 0,55° auf der Nordseite des Erzgebirges. Auf der Seite eines Gebirges, die regenreicher ist, ist auch die Wärmeabnahme langsamer. Dabei muß man an die Wärmerückstrahlung von den Wolken denken und darf die bei Wasserdampfverdichtung freiwerdende Wärme nicht übersehen, wie denn immer in feuchter Luft die Wärmeabnahme langsamer vor sich gehen wird als in trockener, sobald in jener Wasserdampf flüssig wird. In den deutschen Mittelgebirgen ist im allgemeinen die Temperaturabnahme 0,5—0,6° auf 100 m, so daß wir auf den Gipfeln des Schwarzwaldes und der Vogesen um 6—7° weniger Wärme als am Fuße dieser Gebirge haben. Die Ballonfahrten zeigen auch in der freien Luft eine Abnahme von einem halben Grad auf 100 m in den ersten 2000 m, dann schreitet aber die Abnahme rascher vor und beträgt zwischen 7000 und 8000 m bereits gegen 0,7° auf 100 m. Berson berechnet als mittlere Abnahme zwischen 0 und 9000 m 0,63°.

Beträchtlich sind die jahreszeitlichen Unterschiede der Wärmeabnahme mit der Höhe. Aus den gut stimmenden Beobachtungen in den Alpen, dem Harz und dem Erzgebirge leitet Hann folgende mittlere Höhenstufen für 1° Wärmeabnahme her: Winter 222, Frühjahr 149, Sommer 143, Herbst 188, Mittelzahl des Jahres 170. Die geringe Abnahme im Winter wird durch die Schneedecke und die größere Feuchtigkeit der Luft in dieser Jahreszeit bewirkt, während umgekehrt die an den Berghängen in die Höhe zurückweichende Schneedecke im Frühling die Abnahme der Wärme verstärkt. Weiter ist aber aus diesen Unterschieden der Schluß zu ziehen, daß die Wärme um so rascher mit der Höhe abnimmt, je größer sie an der Erdoberfläche ist. Damit stimmt der etwas kleinere Betrag der thermischen Höhenstufe in den Tropen. Auffallend ist die Angabe Nansens, daß er die thermische Höhenstufe auf seinem Wege über das grönländische Inlandeis zu etwa 150 m bestimmt habe; das ist derselbe Betrag wie am Südabhang der Alpen.

In freier Luft liegen die Verhältnisse anders, wie wir aus den Ballonfahrten und neuerdings auch aus den Beobachtungen auf dem Eiffelturm wissen, wo die Instrumente in 2, 123, 197 und 302 m Höhe über dem Boden abgelesen werden. In freier Luft ist die Wärmeabnahme im Sommer größer als im Winter, geringer bei Nacht und in den frühen Morgenstunden, beträchtlich bei Tage, besonders am Nachmittag, wogegen man zu allen Jahreszeiten Zunahme bei Nacht findet, da bei Nacht sich der Boden rascher abkühlt als die darüberliegende Luft. Ballonfahrten bis zu großen Höhen haben gezeigt, daß die Luft aus ganz verschieden warmen Schichten besteht, die bunt übereinander gelagert sind. Die Unterschiede der Temperaturen werden in der freien Luft nach oben hin immer geringer, und es scheint in unserer Zone die Höhe von 4000 m eine Grenze zu bezeichnen, jenseits deren die Schwankungen minimal werden.

Wenn durch die Ausstrahlung des Bodens Wärme in höhere Schichten fortgepflanzt wird, so muß, je höher der Boden sich erhebt, um so höher mit ihm die Wirkung dieser Wärme steigen. Daher herrscht mehr Wärme über Hochebenen als in der gleichen Höhe schmaler Gebirgsketten oder gar auf einem isolierten Berge; daher mehr Wärme in den Höhen von Massengebirgen als von zerklüfteten Gebirgen; daher mehr Wärme im Inneren von Gebirgen, die auf

mächtigen Erdwölbungen ruhen, als an ihrer Außenseite. Daß in ein und demselben Plateau die Punkte am Rande kälter sind als die Mitte, hatte bereits Boussingault beobachtet. Schon auf verhältnismäßig schwachen Bodenanschwellungen bemerkt man eine langsamere Abnahme der Wärme, die unter 0,5° für 100 m herabgeht. Für die Rauhe Alb hat Hann 0,41° nachgewiesen, Schlagintweit für das Hochland des Dekan 0,43°. Über den Einfluß dieser Thatsache auf die Höhengrenzen s. oben, S. 321.

Die Fälle, wo auf dem Thalboden Frost die Vegetation beschädigt, die an den Abhängen und Höhen 50 m darüber unbehelligt bleibt, sind sehr häufig und werden bei der Anlage von Gärten und Weinbergen berücksichtigt; die größere Luftbewegung in den Höhen, die Ansammlung der kalten Luft in der Tiefe und der frühere Beginn der Ausstrahlung daselbst erklären dies. Jenseits einer gewissen Höhe macht sich der Frost in demselben Maße geltend wie auf dem Thalboden, und so entsteht ein geschützter Streifen in halber Höhe, der nach harten Frösten oder nach Reifnächten sich grün von seiner Umgebung abhebt. Die Biogeographie führt auf das Lokalklima der Dolinen Unterschiede der Vegetation des Karstes zurück, die man nur durch die Stagnation kalter Luft in diesen Trichterlöchern erklären kann. Natürlich wird dieselbe noch verstärkt durch das Liegenbleiben von Schnee auf dem Boden solcher „Frostlöcher". In welchem Grade die Erwärmung der absteigenden Luft an der Herausbildung solcher Wärmeunterschiede nachwirkt, wird uns die Betrachtung der Wärmeumkehr und der Fallwinde zeigen (s. unten, S. 450 u. f.).

Den Einfluß der nach dem Gebirgsinneren zu wachsenden Massenerhebung auf die Höhengrenzen, den schon A. von Humboldt ahnte, hat zuerst Friedrich Simony in seinen „Fragmenten zur Pflanzengeographie des österreichischen Alpengebietes" bestimmt. Wesentlich lieferten ihm die Höhengrenzen einiger Bäume und des Getreidebaues im Inneren des Ötzthaler Gebirgsstockes das Material für den Nachweis dieses Einflusses, in dem er mit Recht nur einen Sonderfall des in der Heraufrückung der Firngrenze über den tibetanischen und peruanischen Hochebenen zu Tage tretenden allgemeinen Gesetzes erblickte. Simony hatte den Getreidebau in den inneren Thälern des Ötzthaler Stockes 600 m höher als in dem ersten Breitegrad der nördlicheren Kalkalpen und 200—300 m höher als in den einen halben Breitegrad südlicheren Abhängen des Etsch- und Drauthales ansteigen, die Zirbengrenze am Dachstein nur wenig über 2000 m, am Ortler aber, gegenüber Franzenshöhe, und im Langtauferer Thal fast 1200 m höher liegen sehen.

Das Höhenklima.

Die Wärmeabnahme mit der Höhe muß für das Klima dasselbe bedeuten wie die Wärmeabnahme mit der Polhöhe. Wir würden also ein Polarklima in großen Höhen zu erwarten haben? Sicherlich, soweit eben die Wärme der Luft in Betracht kommt; auch die davon abhängigen Formen der Niederschläge, Schnee und Reif, werden mit der Höhe zunehmen. Aber die Stärke der Sonnenstrahlung, die große Nähe der stark erwärmten und feuchten Tiefländer oder Thäler, endlich die ganz anders angeordneten Winde werden dennoch große Unterschiede zwischen dem Klima großer Höhen und der Polargebiete aufrechterhalten.

Der Gipfel des Sonnblick (3100 m) z. B. hat kältere Sommer als irgend ein Ort auf der Erde, an dem jemals klimatische Beobachtungen angestellt sind, und für den Großglockner in 3800 m berechnet Hann einen Winter von —17°, einen Sommer von —5° und eine Jahrestemperatur von —11°. Selbst Lady Franklin-Bai unter 83° nördl. Breite, wo das Quecksilber vom November bis Februar gefroren ist, hat doch wärmere Sommer. Aber wir sehen sofort, daß auf den Berggipfeln weder so tiefe Minimaltemperaturen gemessen werden, noch so niedrige Jahrestemperaturen zu berechnen sind wie für polare Stationen. Die niedrigste Temperatur eines Berggipfels ist —50° auf dem Ararat, wo an einem hinterlassenen

Minimumthermometer abgelesen wurde. Auf dem Montblanc ist eine Temperatur von — 43°, auf dem Sonnblick von — 35° gemessen worden, und die Jahrestemperatur des Großglockner ist mit der der Karasee in 71° nördl. Breite zu vergleichen. Nur die Sommertemperaturen der Hochgebirgsstationen liegen entschieden unter denen der kältesten Orte in beiden Polargebieten. Dabei ist aber doch immer an die kräftige Strahlung der Sonne in großen Höhen zu erinnern, die den Effekt der niederen Lufttemperatur auf unseren Körper aufhebt.

Das Höhenklima ist gleichmäßiger als das Klima des Tieflandes und nähert sich dadurch dem Seeklima. Überall, wo Hoch- und Tieflandstationen nahe beieinander liegen, zeigen jene eine kleinere Jahresschwankung als diese. Catania hat eine Jahresschwankung von 16°, der Ätna von 11°. Rechnet man noch die bis zu gewissen Höhen wachsenden Niederschläge und die starke Bewölkung dazu, so erhält man ein ausgesprochenes Seeklima. Wohl haben z. B. die indischen Bergstationen in 2000 m Höhe eine mittlere Temperatur wie Orte der Riviera, aber viel weniger Wärmeschwankungen, starke Bewölkung, viel Regen. Den jährlichen Gang der Temperatur bestimmt im Hochgebirge vorzüglich der warme Herbst, die verspätete Kälteankunft im Dezember und die lange Dauer der Kälte im Frühling. Nicht selten ist im Gebirge der kälteste Monat der März, in dem auch oft die größten Schneemassen fallen.

So hat Prägraten im Virgenthal, bei 1303 m Meereshöhe gelegen, die zahlreichsten Schneetage (10,5) im März, aber kein Monat ist schneelos. Der Winter hat 20,9, der Frühling 21,7, der Sommer 6,7, der Herbst 14,9 Schneetage. Auch im Alpenvorland finden wir diese Verschiebung. Von Augsburgs 37,3 Schneetagen fallen 7,3 auf den Januar, 7,2 auf Dezember und März, 6 auf den Februar, 5,1 auf den November, 3 auf den April. Salzburg hat die meisten Schneetage im Dezember, März, November, Januar.

Die Ballonbeobachtungen zeigen auch in der freien Luft in der Höhe von 4000 m wie auf den Gipfelstationen der Alpen, daß die niedrigen Wintertemperaturen sich fast unverändert in den Frühling hineinziehen, während die des Sommers nur langsam zum Herbste hin abfallen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die niedrigsten Temperaturen in großen Höhen erst im März eintreten, die höchsten im August. Daß die Jahresschwankungen sich noch bei 10,000 m zeigen, läßt sich aus den Ergebnissen der freien Registrierballons schließen, die bei der angegebenen Höhe — 53° im kältesten, — 44° im wärmsten Monat, — 48° im Jahresmittel anzeigen. Allerdings sind diese Jahresschwankungen so gering, daß man von Jahreszeiten nicht mehr reden kann, und es wird wohl in etwas größeren Höhen der Jahreszeitenunterschied verschwunden sein.

Schon in unserem Klima nimmt in der Nacht die Temperatur mit der Höhe rascher ab als am Tage. Der Unterschied der **Tageszeiten** kommt aber noch ganz anders zur Geltung auf den Höhen großer Hochebenen, wie in den Anden oder in Tibet, wo die Einstrahlung und Ausstrahlung fast rein zur Wirkung gelangen. Die Einstrahlung ist im stande, eine ebenso hohe Tagestemperatur in 4000 m Höhe wie auf dem Meeresniveau hervorzubringen, aber die Ausstrahlung wiegt das vollständig auf, so daß dann in den mittleren Tagestemperaturen dennoch eine nicht viel geringere Wärmeabnahme zwischen den beiden Orten zum Vorschein kommt, wie zwischen einer Ebenen- und Bergstation. Im allgemeinen haben die Hochebenen und die Gebirgsthäler eine starke tägliche Wärmeschwankung, wozu die beträchtliche Erwärmung der Thalhänge und die am Abend eintretenden Bergwinde beitragen; die Gipfel dagegen haben um so kleinere Wärmeschwankungen, je höher sie über die Wirkungen des Bodens hinausragen.

Die Wärme und das Wasser.

Land erwärmt sich fast doppelt so schnell wie Wasser, und da außerdem ein großer Teil eingestrahlter Wärme zur Dampfbildung verbraucht, ein anderer zurückgespiegelt wird, bleibt

nur ein kleiner Bruchteil zur Erwärmung übrig. Dies gilt von der Oberfläche. Da aber die Sonnenstrahlen bis zu 20 m erwärmend in die Tiefe des Wassers dringen, während sie im Erdboden kaum den zwanzigsten Teil dieser Tiefe erreichen, so wird das Wasser in Tiefen erwärmt, bis wohin im Boden die Sonnenwärme überhaupt nicht dringt. Diese Tiefenerwärmung des Wassers pflanzt sich bis zu 100 und 200 m fort, indem im Meer das dichtere und wärmere Wasser von der Oberfläche hinabsinkt und durch kälteres aufsteigendes ersetzt wird. In Süßwasserseen vollzieht sich umgekehrt ein Hinabsinken des kälteren Wassers und ein Aufsteigen des wärmeren; und in beiden helfen Wellenschlag und Strömungen an der Ausgleichung der oberflächlicheren und tieferen Temperaturen mit (vgl. oben, S. 170). So ist also jede Wassermasse ein Wärmereservoir, das Wärme abgibt, wenn der Boden ringsumher längst erstarrt ist.

Die Wärme größerer Wasserflächen ist immer etwas größer als die Wärme der darüberliegenden Luft. Für das Meer sind die Beobachtungen noch nicht genau genug, man kann indessen annehmen, daß der Unterschied zu gunsten des Wassers einen Bruchteil eines Grades beträgt. In besonders warmen Meeresteilen, wie dem Mittelländischen Meer, kommt es vor, daß das Wasser um 2° und darüber wärmer ist als die Luft; und im Norden und Westen von Schottland ist durch die warme Meeresströmung das Meer im Januar 3,5° über der Lufttemperatur. Man kann also von einer Warmwasserheizung Nordwesteuropas im Winter sprechen. Über den Landseen ist der Unterschied beträchtlicher und gewinnt Einfluß auf das örtliche Klima ihrer Umgebung; die Oberfläche des Genfer Sees z. B. ist im Winter 5°, im Sommer 1,2°, im Herbst 4,1° wärmer als die Luft darüber; nur im Frühling ist sie um 0,2° kälter. Man begreift nun die Erfahrung, daß ein See im Herbst erwärmend, im Frühling abkühlend auf seine Umgebung einwirkt, oder daß der abkühlende Einfluß des Baikalsees sich bis in den Sommer fortpflanzt. Mitten im Kontinent von Nordamerika hat die Halbinsel Ontario zwischen Huronensee, Erie- und Ontariosee ein durch die Wasserfläche gemildertes Klima, das sie zu dem ackerbaulich begünstigtsten Teile von Kanada macht. In der langsamen und tiefen Erwärmung des Wassers liegt auch die Verlangsamung des Einflusses der täglichen und jährlichen Wärmeänderungen. Selbst in den Passatgebieten mit ihren großen Wärmeschwankungen beträgt die tägliche Wärmeänderung an der Meeresoberfläche kaum 1°. Daher tritt auch die größte Erwärmung des Sommers erst gegen den Herbst, die Abkühlung des Winters gegen den Frühling zu ein: warmer Herbst, kalter Frühling. Die größte Wärmeschwankung des Meeres liegt in der Gegend des 30.—40. Breitengrades, die kleinste natürlich in der Äquatorialzone. Daß Nansen selbst in 85° nördl. Breite den Januar des niemals völlig gefrierenden Nördlichen Eismeeres wärmer fand, als er durchschnittlich in Jakutsk bei 62° ist, ist wohl die deutlichste Illustration des klimatischen Einflusses großer Wasserflächen. Als Charlevoix bei seiner Reise am Oberen See vernahm, daß es am Winnipeg wärmer sei als am Sankt Lorenz, schloß er, daß ein Meer nahe sein müsse, das mildernd wirke. So einfach ist nun der Schluß nicht überall. Man muß erwägen, daß große Wasserflächen auch der Abkühlung freie Bahn bieten, daß beständige Winde warmes Wasser in ihrer Richtung forttreiben und kaltes dafür heraufsteigen lassen. Gerade damit hängt es zusammen, wenn der Frühling in Batum weniger mild ist als in Kutais, das 120 m höher liegt. So wirkt auch die Ostsee verzögernd auf das Kommen des Frühlings ein, wobei übrigens die für die Schmelzung des Eises verwendete Wärme mit in Rechnung kommt.

Schnee, Firn und Eis, unfähig, sich über 0° zu erwärmen, bilden ein Abkühlungsniveau für jeden Körper, der über diesen Betrag hinaus warm ist, am meisten für die Luft. Und das um so mehr, als sie, mit großer Fähigkeit der Zurückwerfung der Sonnenstrahlen

und der Ausstrahlung (s. oben, S. 342) begabt, geneigt sind, Wärme abzugeben. Brückner beobachtete an einem Januarabend eine Temperatur der Schneeoberfläche von — 20° und schon in 12 cm Tiefe nur noch — 6°. An klaren Tagen ist eine Schneefläche 6—10° kälter als die Luft, an trüben 1—3°, und bei der schlechten Wärmeleitung des Schnees empfängt sie sehr wenig Wärme von unten.

Die Abkühlung durch die wärmeverbrauchende Eisschmelzung ist in allen Eismeeren und in allen gefrierenden Seen an der Verzögerung des Wärmeganges zu erkennen (vgl. S. 245 u. 266). An dem Einfluß der Eisberge des Nordatlantischen Ozeans auf das Klima dieses Meeresteils und damit Europas ist nicht zu zweifeln, aber er ist für einzelne Fälle erst genau zu beweisen. Natürlich setzt die Ausbreitung des Seeklimas nach dem Binnenlande freie Wege voraus. Daher können hart am Meer liegende Landschaften der westlichen Balkanhalbinsel Kaliforniens, Chiles und andere ein kontinentales Klima haben, weil vorgelagerte Gebirgswälle den Zutritt mildernder Seebrisen hemmen.

Die Meeresströmungen üben einen mächtigen Einfluß auf die Wärme der Inseln und Küstenländer, der sich insofern um so stärker geltend macht, als er an vielen Stellen mit dem Einfluß vorwaltender Winde gleicher Richtung zusammentrifft. Nur beschränkt ist im Vergleich mit ihrer weitreichenden Wirkung die abkühlende des von unten aufsteigenden Auftriebwassers. Wenn auch im Meere keine vollständigen Strömungsringe zu stande kommen, so folgen doch im ganzen die Meeresströmungen den Winden, und unmittelbar davon hängt die Hauptthatsache der Wirkung der Meeresströmungen auf das Klima ab, daß in niederen Breiten die Ostküsten der Ozeane abgekühlt und die Westküsten erwärmt, in höheren Breiten die Ostküsten erwärmt und die Westküsten abgekühlt werden. Die klimatischen Wirkungen davon zeigt die Isothermenkarte (vgl. die Karte bei S. 431). Den Unterschied zwischen der West- und Ostseite der Skandinavischen Halbinsel haben wir in seinem Einfluß auf die Höhe der Firngrenzen kennen gelernt (vgl. oben, S. 323).

In Nowaja Semlja steht die mittlere Temperatur an der Westseite von Matotschkin Schar mit —8,4° der für die Südostspitze der Insel mit —9,5° gegenüber. An der Ostseite liegt das Eis des Karischen Meeres, während bis zur Westseite der Einfluß des warmen atlantischen Wassers reicht, das im Sommer das Meer eisfrei bis über Matotschkin Schar hinaus macht. Gerade die Westmündung dieser Straße wird zusammen mit Kostin Schar, der Südwestspitze, am frühesten eisfrei, während nur 100 km weiter östlich noch dickes Eis sitzt. Weitere Beispiele für diesen Unterschied zwischen West- und Ostseiten s. oben, S. 276.

Die Ausstrahlung.

Ein großer Teil der von der Sonne am Tage zugestrahlten Wärme geht der Erde des Nachts durch die Ausstrahlung wieder verloren. Je ungestörter die Ausstrahlung walten kann, desto tiefer sinken bei uns die Temperaturen; daher die Kälte bei ruhigem Wetter und starkem Luftdruck. Jeder Luftwirbel greift hier störend ein, erhöht die Temperatur, daher die Abhängigkeit besonders der Winterwitterung von der Aufeinanderfolge der die Ruhe der Luft störenden Luftwirbel. Die auffallende Milde des Klimas von Nordwesteuropa, die so weit reicht wie das Seeklima, ist nicht zum wenigsten der stürmischen Witterung des nördlichen Atlantischen Meeres zu danken, welche die zur Ausstrahlung nötige Ruhe und Klarheit der Luft nicht aufkommen läßt. Im Inland übt den größten Einfluß auf die Ausstrahlung die Bewölkung. Indem die Bewölkung bei Nacht die Ausstrahlung und bei Tage die Einstrahlung hemmt, wirkt sie unmittelbar ausgleichend auf den Temperaturgang. In einem warmen Klima wird auch am Tage die die Rückstrahlung der Wärme hemmende Wirkung der Wolken fühlbar, und in den Tropen sind

wegen der Verstärkung der reflektierten Hitze die bedeckten Tage und die Tage mit großen weißen Haufenwolken geradezu gefürchtet. Die gegen Mittag oft mit großer Regelmäßigkeit aufsteigenden Wolken erhöhen oft plötzlich die Temperatur um einige Grade. Da nun die Bewölkung über Wasserflächen stärker ist als über Landflächen, trägt sie dazu bei, das Klima der Landmassen gegensatzreicher, das der Meere gleichmäßiger zu machen. Anticyklonales Wetter, bei dem absteigende Luftströme Erwärmung und Klärung bewirken, ebnet bei uns im Winter den stärksten Abkühlungen durch Ausstrahlung die Bahn. Die Folge davon sind die Kälteextreme über den durch andauerndes Wetter dieser Art ausgezeichneten Festländern, wobei langsame Bewegungen die abgekühlte Luft sich ausbreiten lassen. Oft steigt aber bereits wenige Meter über dem Boden die Temperatur und steht in größerer Höhe oft beträchtlich über der in einem Thalgrunde. Über die dann vorkommende Wärmezunahme mit der Höhe s. unten, S. 450.

In heiteren Nächten fällt die Temperatur des Bodens durch Wärmeabgabe weit unter die der unmittelbar über ihm befindlichen Luft. Nach den Beobachtungen von Hann zeigte in Wien das Thermometer in heiteren Nächten unmittelbar über dem Boden im Frühling 1,3°, im Sommer 1,8°, im Herbst 1,3° weniger als in 1—1½ m Höhe. In trockenen Klimaten, wo die Luft von hervorragender Klarheit ist, kann es bei 5—6° Luftwärme zur Reifbildung kommen; so hat man im Hochland von Jemen Reif bei 8° Luftwärme beobachtet. Man versteht unter solchen Umständen das Wort „Die Nacht ist der Winter der Tropen", dem A. von Humboldt wissenschaftliche Prägung verliehen hat. Es ist aber die Bedeutung der Abkühlung durch Ausstrahlung durchaus nicht bloß auf die Tropen beschränkt; in hellen Nächten ist vielmehr die Bildung von Reif, auch in Form glasartiger, alle Steine bedeckender Eiskrusten, ein regelmäßiges Vorkommnis im Hochgebirge. Die Mitwirkung starker Reifbildungen bei der Überführung des Schnees in Firn haben wir bereits oben, S. 299, gewürdigt.

Das Hochland und das freie Spiel der polaren Luftströmungen, die der Trockenheit entgegenkommen, begünstigen im tropischen Afrika die nächtliche Ausstrahlung ungemein. Januarnächte, in denen das Thermometer auf —5° sinkt und Eis ausgiebig sich bildet, kommen bei 26° nördlicher Breite in der Gegend von Mursuk vor, ebenso ist die Bildung von Eisdecken, die Menschen tragen, bei 30° südlicher Breite im Oranjegebiet beobachtet worden. Von Foureau haben wir sogar die Beobachtung einer Nachttemperatur von —7,5° im November zwischen Golea und Insalah, allerdings bei 330 m. So erklären sich jene „Feuerbetten", die Rohlfs östlich vom unteren Niger in den Negerhütten traf: lange, hohle Kasten aus Thon, die in kühlen Nächten geheizt werden, um Fröstelnden als wärmende Schlafstätte zu dienen.

Aus dem grundverschiedenen Verhalten des Wassers und des Landes zur Sonnenstrahlung ergibt sich der Gegensatz Landklima und Seeklima. Im Landklima wird starke Erwärmung starker Ausstrahlung gegenüberstehen, im Seeklima werden diese Extreme gemildert sein; das Landklima ist also gegensatzreich, das Seeklima ausgeglichen. Zwischen heißen Sommern und kalten Wintern fallen im Landklima die Jahreszeiten des Überganges, Frühling und Herbst, fast aus, im Seeklima herrschen sie dagegen in den Sommer und Winter hinein. Wir werden sehen, wie auch die Verteilung der Niederschläge sich mit diesen Merkmalen der Wärmeverteilung verbindet. In den Tropen wird die Erwärmung des Landes die des Meeres überwiegen, es wird warmes Land verhältnismäßig kühlem Meer gegenüberliegen; z. B. wären nach Zenker die entsprechenden Wärmegrade unter dem Äquator 36,5° für Land, 26° für Meer. Je weiter wir uns aber polwärts entfernen, um so mehr ändert sich der Unterschied zu gunsten des Meeres, weil um so mehr der Wärmeverlust des Landes durch Ausstrahlung überwiegt. Schon unter 50° nördlicher Breite zeigen die Stationen des Landklimas 3,7° gegen 8,4° auf den Stationen des Seeklimas, und unter 70° nördlicher Breite bezeichnen das Landklima —18°, das

Seeklima —3,4°. Nach Spitalers Berechnung der Temperatur der Breitenkreise hat der 55. Parallel eine mittlere Jahreswärme von 2,3° auf der Nord-, von 3,1° auf der Südhalbkugel, aber dort steht einem Juli von 16° ein Januar von —11°, hier einem Januar von 4,5° ein Juli von —0,5° gegenüber. Da nun der größte Teil des Landes der Erde auf der Nordhalbkugel liegt, hat diese im ganzen einen kontinentaleren Klimacharakter als die Südhalbkugel; das macht sich in der Wärmeverteilung durch eine stärkere Erwärmung der Gebiete nördlich vom Äquator geltend. Verbinden wir daher die Gebiete größter Wärme, so erhalten wir eine wärmste Zone, die nördlich vom Äquator liegt.

So liegt in Afrika das Gebiet größter Wärme zwischen 10 und 25° nördlicher Breite; es ist zugleich das größte zusammenhängende Gebiet mit mittleren Jahrestemperaturen von 30° und darüber auf der ganzen Erde. Daher ist z. B. auch in 5—6° nördlicher Breite das Klima der Goldküste schon durchaus südhemisphärisch. Der kälteste Monat ist dort der August, der wärmste der April, und die ergiebigsten Regen fallen im Mai und Oktober.

Jahreswärme und andere Durchschnitte.

Die großen Unterschiede der Wärme, die irgend einem Orte der Erde zufließt, können nicht einzeln aufgeführt werden. Besonders die Geographie muß Wert auf übersichtlich zusammengefaßte Angaben legen, die sie ihren Länder- und Ortsbeschreibungen einfügen kann. Diesem Zwecke dienen die Mittelzahlen oder Durchschnitte und noch viel besser die graphischen Darstellungen, welche die Orte gleicher Wärme, gleicher Wärmeschwankungen u. s. w. durch Linien verbinden oder Räume gleicher Erwärmung flächenhaft, etwa durch Farbe, unterscheiden. Für die rasche Überschau und Beurteilung klimatologischer Verhältnisse ist die mittlere Jahreswärme am notwendigsten. Sie ist das Mittel aus allen Tagen des Jahres, aber man pflegt sie aus den zwölf Monatsmitteln zu berechnen. Schon aus mehrjährigen Beobachtungen kann sie im gleichmäßigen Klima der Tropen gewonnen werden, während im kontinentalen Klima Jahrzehnte dazu gehören, um zu einem genauen Werte zu gelangen. Zur Schätzung der mittleren Jahrestemperatur eines Ortes könnte man auch die Wärme des Bodens in unserem Klima in 10—20 m Tiefe, im tropisch gleichmäßigen Klima schon in 1 m Tiefe heranziehen; aber heute liegen für so viele Orte der Erde unmittelbare Messungen vor, daß man zu solcher Aushilfe nicht mehr zu greifen braucht.

Bei der Berechnung der mittleren Jahrestemperaturen muß man wohl darauf achten, daß nur bei hinreichend langen Jahresreihen der Einfluß der Klimaschwankungen (vgl. oben, S. 408 u. f.) ausgeschlossen ist. Streng genommen wird dies nur bei Reihen von mehr als 30 Jahren zu erreichen sein.

Der Vorzug des gedrängten Ausdruckes kann aber nicht darüber täuschen, daß die mittlere Jahrestemperatur nur eine schematische Größe ist. Um sie herum schwanken ungemein verschiedene Temperaturen, aus denen sie nur die Summe in einem bestimmten Durchschnitt gibt. Es können Orte eine gleiche Jahreswärme haben, deren Klima in Wirklichkeit sehr verschieden ist. Jahrestemperaturen, die nur mit kleinen Bruchteilen von Graden um 25° schwanken, kennen wir von Malinde und Sansibar, von Kamerun und Ascension, von Karratschi und Kalkutta, von La Guayra und Rio de Janeiro. Zu je kleineren Zeitabschnitten wir herabsteigen, desto weiter entfernen sich deren Temperaturen vom Durchschnitt. Hann gibt für die Januartemperatur von Wien —1,7° an, fügt aber hinzu, daß unter 100 Januaren nur in 33 die Temperatur um höchstens 1° von diesem Mittel abwich, wogegen Abweichungen von 1—2° 28 mal, Abweichungen von 5—6° noch 3 mal vorkamen, und die mittlere Januartemperatur sich in 100 Jahren zwischen —8,3° und +5° hielt. Die wichtigsten Schwankungen dieser Art, die zusammen die

Veränderlichkeit des Klimas hauptsächlich bedingen, müssen die Angaben über die mittleren Jahreszeiten und Monatstemperaturen ergänzen.

Die mittlere Jahresschwankung der Wärme nennt man den Unterschied zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur eines Jahres. In 118 Jahren schwankten z. B. die mittleren Jahrestemperaturen Petersburgs zwischen 6,5 und 1,3°, die mittleren Januartemperaturen zwischen − 21,5 und − 1,6°. In derselben Weise verwendet man die Ausdrücke Monatsschwankung und Tagesschwankung. Aus zahlreichen Beobachtungen kann man ferner die mittleren absoluten Schwankungen gewinnen, indem man die Jahresextreme oder die Jahresmaxima und Jahresminima vergleicht. Innerhalb 10 Jahren schwankten z. B. die höchsten Temperaturen in Kairo zwischen 44,8 und 39,6°, die niedrigsten zwischen 1,0 und 5,0°, und die mittlere absolute Schwankung liegt zwischen 42,9 und 2,5°. Es kann gerade für den Geographen wichtig sein, z. B. ein Gebiet abzugrenzen, wo die Temperatur noch unter 0 sinkt, indem man die Orte verbindet, wo das Jahresminimum 0° beträgt; oder es kommt ihm darauf an, die niedrigsten Kältegrade eines Gebietes zu kennen, von denen sehr oft das Gedeihen bestimmter Pflanzen abhängt. Wenn wir uns erinnern, daß die mittleren absoluten Jahresschwankungen, die Unterschiede zwischen den mittleren Extremen, ihren höchsten Betrag in Innerasien mit 90° erreichen, daß sie im Inneren von Nordamerika noch auf 80° steigen und auf den tropischen Meeren auf 10° sinken, so sehen wir, wie wichtig sie auch für die Einsicht in das sind, was man den Gegensatzreichtum (Exzessivität) und die Abgeglichenheit (Limitiertheit) eines Klimas nennt.

Die jährliche Wärmeänderung ist am größten in den Polargebieten, wo monatelange Nacht mit monatelangem Tag abwechselt, und sie ist am kleinsten am Äquator, wo der Höhestand der Sonne nur um 23½° wechselt. Hier ist sehr oft der Wärmeunterschied zwischen Tag und Nacht größer als der innerhalb eines Jahres. Auch für die Wärmeschwankungen eines Jahres ist wieder die Frage wichtig: Wann treten sie ein? Dem Gange der Sonne gemäß, haben wir in den Gegenden am Äquator zwei Maxima und zwei Minima der Erwärmung, die den Hoch- und Tiefständen der Sonne entsprechen. In unserer nördlichen gemäßigten Zone hat die Wärme ein Maximum im Juli und ein Minimum im Januar, und die mittlere Jahrestemperatur kommt fast rein in der Durchschnittswärme des April und Oktober zum Ausdruck. Von dem Einfluß der diffusen Wärme, die langsam zurückgestrahlt wird, kommen die Verspätungen im Wärmegang, die in ozeanischen Klimaten naturgemäß den größten Betrag erreichen. So ist in Madeira der August der wärmste Monat, der September wärmer als der Juni.

Auch die Größe der täglichen Wärmeschwankung ist wichtig, die man durch den Unterschied der mittleren Temperatur der kältesten und wärmsten Tagesstunde ausdrückt. Es liegt auf der Hand, wie einflußreich die tägliche Schwankung im Leben der Menschen sein kann, für deren Beschäftigungen die Nachttemperaturen in der Regel bedeutungslos, die Tagestemperaturen dagegen entscheidend sein können. Den Einfluß einer minimalen Tagesschwankung, wie sie in feuchten Tropenländern vorkommt, auf den Körper und die Seele des Menschen ist anders als der großer Unterschiede der Tagestemperaturen: jener erschlafft, dieser wirkt stählend. Man muß auch fragen: Wann stellen sich die Extreme der Tageswärme ein? Die größte Wärme tritt durchschnittlich an jedem Tag einige Zeit nach dem höchsten Sonnenstande, die tiefste um Sonnenaufgang auf. In unserem Klima ist durchschnittlich 2 Uhr nachmittags die Zeit der größten Wärme, im Seeklima tritt sie früher, oft gleich nach Mittag ein; aber am meisten ändert sich die Lage der täglichen Extreme in den Polargebieten. Für klimatische Kurorte wie Davos kann sogar die wiederkehrende Wärme einzelner Nachmittagsstunden von überwiegender Bedeutung sein.

Die äußersten Kältegrade und Wärmegrade, die in irgend einem Zeitraum an einem Orte beobachtet worden sind, sind für viele Verhältnisse wichtiger als die mittleren Temperaturen von Tagen, Monaten oder Jahren. Das einmalige Auftreten einer Temperatur von —5° in einer einzigen Nacht genügte z. B., um sämtliche Orangenpflanzungen von Louisiana bis Florida zu zerstören. Ähnliche Fälle gibt es in veränderlichen Klimaten in jedem Jahr, sei es, daß Frost in der Blüte, sei es, daß er während der Reifezeit des Obstes, der Weinrebe und dergleichen einfällt. Gerade auf das einmalige Auftreten kommt es dabei an; denn wenn eine niedrige Temperatur zerstörend gewirkt hat, bedeuten die nachfolgenden niedrigen Temperaturen für diesen Fall nichts mehr. Es ist also wichtig, die Zeit des ersten Auftretens der Maifröste, der Fröste, welche die Nortes im Februar und März nach dem Golf von Mexiko hinuntertragen, der ersten Herbstfröste und ähnlicher zu kennen. Für die Landwirte und auch die Biogeographen ist die aus dem Vergleich solcher Daten zu berechnende Dauer der frostfreien Zeit wichtig, für den Verkehr die Kenntnis des Zeitraumes, in dem durchschnittlich die Flüsse oder Kanäle eines Gebietes eisfrei sind. Ebenso ist es natürlich von praktischem Interesse, jene Angaben der Witterungskunde des Volkes zu kontrollieren, die z. B. für die Landschaft der oberitalienischen Seen ein Sinken der Wintertemperatur unter —5° nur alle dreißig Jahre erscheinen lassen. Wir wissen, daß ein Minimum von —5° in Mailand alle zehn Jahre 8 mal, in Triest 4 mal, in Lesina in sieben Jahren 1 mal eintritt.

Die Häufigkeit bestimmter Temperaturen ist ebenfalls wichtig. Sie gibt unserer Vorstellung von dem Klima eines Ortes etwas Naturgemäßes, wie es die Durchschnittszahlen weder der Mittel noch der Extreme vermöchten. Die häufigsten Temperaturen schwanken natürlich um die mittlere Temperatur, aber die beiden fallen nicht miteinander zusammen. In Berlin ist die mittlere Januartemperatur —0,3°, die häufigste +2°, die mittlere Julitemperatur ist 19°, die häufigste 18°. Es folgt hieraus auch, daß die häufigsten Temperaturen des Januars in Berlin höher über der mittleren liegen als die häufigsten des Juli darunter. Diese häufigsten Werte, um die „sich die Einzelwerte in der nach ihrer Größe geordneten Reihe am dichtesten scharen" (Hugo Meyer), hat man Scheitelwerte genannt. Natürlich wächst die Bedeutung der Scheitelwerte in einem gleichmäßigen und sinkt in einem gegensatzreichen Klima. Daß der Winter von Innsbruck durch die wiederkehrenden Föhnwinde wärmer, der Frühling von Marseille durch den Mistral kälter wird, käme z. B. in ihnen nicht zum Ausdruck.

Die Dauer eines Wärmezustandes ist von großer Bedeutung für das Klima eines Gebietes. Im Grunde liegt ja in der üblichen Unterscheidung der Jahreszeiten etwas der Art, denn wenn der erste Reif sich über die Fluren legt, sagen wir: nun hat der Sommer wirklich Abschied genommen, und beim letzten Maischnee haben wir die Empfindung: das war der letzte Nachzügler des Winters, nun kann der Frühling einziehen. Die Klimatologie faßt allerdings diese Symptome schärfer. Sie fragt: wieviel Tage verstreichen zwischen dem ersten und letzten Frost, zwischen dem ersten und letzten Schnee? Wie groß ist die Reihe der Frosttage, die Reihe mit Mittagstemperaturen über 20°, mit Reifnächten hintereinander? Endlich werden die in einem bestimmten Zeitraum auflaufenden Temperatursummen von Bedeutung, wo ihre Wirkungen zu meßbaren Größen sich häufen, wie z. B. beim Gefrieren und Wiederauftauen des Wassers und noch mehr im Leben der Pflanzen. Zwar nimmt man heute an, daß besonders die biologische Bedeutung der Temperatursummen überschätzt worden sei, aber wir werden ihrer doch noch einmal eingehender in dem Abschnitt über den Einfluß des Klimas auf das Leben zu gedenken haben.

TEMPERA

Die Ziffern an den I
zeigen die Temperatur in Cel

Jahresisothermen.

Unter -20	-20 bis -10	-10 bis 0	0 bis +10	+10 bis +20	+20 bis +30	über +30° *Celsius*

Mittlere Jahrestemperatur.

Isothermen des Juli.

Unter 0	0 bis +10	+10 bis +20	+20 bis +30	üb. +30° *Celsius*

Mittlere Julitemperatur.

Bibliographisc

URKARTE.

...rmen und Isanomalen
...Graden. (Nach Hann-Berghaus.)

Isothermen des Januar.

Isanomalen des Jahres.

...stitut in Leipzig.

Die Linien gleicher Jahreswärme (Isothermen).

(Vgl. die beigeheftete Kartenbeilage „Temperaturkarte".)

Indem man die Orte der Erde, die eine gleiche Jahreswärme haben, miteinander verbindet, erhält man Linien gleicher Jahreswärme oder Isothermen; häufig schließt man dabei die Einwirkung der Höhenlage des betreffenden Ortes aus, indem man die Jahreswärme so berechnet, als ob sie an der Meeresfläche beobachtet wäre, d. h. man reduziert sie auf die Meeresfläche. Die Bedeutung der Isothermen liegt darin, daß sie den Einfluß der geographischen Lage im ausgedehntesten Sinne des Wortes zum Ausdruck bringen. Sie setzen eine meteorologische Thatsache in die engste Verbindung mit einer geographischen Örtlichkeit, indem sie die Temperatur eines Punktes der Erdoberfläche als eine wesentliche Eigenschaft desselben kennzeichnen.

Die Isotherme widerstrebt der Verallgemeinerung meteorologischer Thatsachen, sie lehnt ungeographische Mittelwerte für weite Gebiete ab, die einst Männer wie Kämtz und L. von Buch z. B. für die ganze Barentssee aus einigen Messungen Scoresbys (zu —6,75°) berechneten; sie vermeidet die nur geringen Nutzen abwerfende Frage nach der mittleren Temperatur eines Breitegrades und ähnliche, kurz, sie bildet eine im schärfsten Sinne induktive Grundlage. Die Lehre von der wahren Verbreitung der Wärme über die Erde hatte unter der Neigung gelitten, abstrakte Mittelwerte herauszufinden, die keine oder nur eine geringe Begründung in der Wirklichkeit, in der Natur haben. Indem die Isothermen die Forderung erheben, durch Eintragung möglichst zahlreicher Ortstemperaturen immer mehr der Wahrheit näher kommend gezeichnet zu werden, ließen sie nun ganz unerwartete Thatsachen hervortreten, die früher überhaupt, weil von gewissen Voraussetzungen zu weit abweichend, nicht genügend beachtet worden waren. Der fast meridionale Verlauf der Isothermen in Westeuropa übertraf z. B. alles, was man vermutet hatte, die Lokalität im weitesten Sinne des Wortes kam zur Geltung, Gegensätze, wie Land- und Seeklima, wurden nun erst recht erkannt. Mit den Isothermen ist eigentlich die Klimatologie als besondere Wissenschaft erst abgesondert worden von dem Teil der angewandten Physik, welchen man Meteorologie nennt. Es ist eines der merkwürdigsten Beispiele für den umwälzenden Einfluß einer im Grunde höchst einfachen Methode, in hohem Grade lehrreich für die Anwendung geographischer Methoden auch auf anderen Gebieten.

Die allgemeinste Eigenschaft der Linien mittlerer Jahreswärme ist natürlich die Neigung, in gewissen Entfernungen voneinander zu verlaufen, eine Tendenz zum Parallelismus, die indessen durchbrochen wird durch Ein- und Ausbiegungen, die ihnen einen welligen Verlauf geben. In diesen Hebungen und Senkungen tritt am deutlichsten hervor das Ausbiegen gegen die Pole in den Ländern, das Zurücksinken gegen den Äquator auf den Meeren der warmen Zone und das entgegengesetzte Verhalten in den kalten Zonen. Darin erkennen wir den Ausdruck der Begriffe Landklima und Seeklima. Auf einer Karte der Linien gleicher Jahreswärme sehen wir auf den ersten Blick, daß weite Gebiete von gleichförmiger Temperatur dort liegen, wo diese Linien auseinandertreten, und daß, wo sie sich zusammendrängen, die Wärmeunterschiede hart aneinanderrücken. Hier nähern sich die Gegensätze, liegen schroff nebeneinander, dort entfernen sie sich, flachen sich ab, gleichen sich aus; dem entspricht dann auch die reinere Ausprägung des Parallelismus auf dem Meer im Gegensatze zum Land und die Thatsache, daß an der Berührungsgrenze von Land und Meer eine Unruhe im Verlauf dieser Linien, man möchte sagen ein Aufbranden der Isothermen stattfindet. Daher steht neben dem kontinentalen Typus der Jahresisotherme, die gegen den Äquator konvex ist, und dem ozeanischen, die die Konvexität den Polen zuwendet, die schärfer ausgesprochene Kurve, die nur auf der Grenze zwischen Land und Meer entsteht. Da sieht man vor allem im atlantischen Europa die Isothermen vorwiegend meridionalen Verlaufs Landschaften westlicher und östlicher Lage voneinander sondern. Der von Buchsche Ausdruck „meteorologischer

Meridian" kann hier Anwendung finden; er bewährt sich nicht nur in der Wärmeverbreitung, sondern auch in der Übereinstimmung der Lebensbedingungen und der Volksseele in Schottland, Norwegen und in Deutschland von den Alpen bis zum Nordmeer.

Sommer- und Winterisothermen, gewöhnlich als Juli- und Januarisothermen gegeben, sind nicht in so großem Stil lehrreich wie Linien gleicher Jahreswärme. Liegt doch schon etwas Zufälliges, was ihren Wert erniedrigt, in dem Herausgreifen gerade der extremen Jahreszeiten. Immerhin können Sommer- und Winterisothermen wie Experimente betrachtet werden, welche die gleiche Erscheinung unter verschiedenen Bedingungen zeigen.

Verbindet man die wärmsten Punkte der Meridiane miteinander, so erhält man eine Linie, die zwischen 26° nördl. Breite und 9° südl. Breite schwankt. Man nennt sie den Wärmeäquator. Kaum erscheint es indessen passend, mit einem so großen Namen eine Linie zu benennen, die so stark durch örtliche Verhältnisse bestimmt wird. Denn daß sie im Stillen Ozean auf die Südhalbkugel übertritt, folgt aus dem Gang der Meeresströmungen, und daß sie in Nordafrika und Mexiko soweit nördlich vom Äquator zieht, ist die Folge der Erhitzung der Wüsten unter dem Wendekreis und der Abkühlung der tropischen Wälder am Äquator sowie im allgemeinen der größeren Landmassen auf der Nordhalbkugel. Sucht man die Gebiete der niedrigsten Temperaturen zu bestimmen, so findet man drei Stellen der Polargebiete: in Ostsibirien, im arktischen Amerika und im Inneren von Grönland, nach denen zu von allen Seiten die Wärme abnimmt; man hat sie ebensowenig passend als Kältepole bezeichnet.

Unter den örtlichen Einflüssen auf die Wärmeverteilung sind auch die der Städte nicht zu übersehen. Die Temperatur der Städte ist 0,5—1° höher als die des umgebenden Landes. Die mittlere Temperatur von Berlin ist 9,1°, die der Umgebung 8,5°, die mittlere Temperatur von Paris und London ist um 0,75° höher als die der Umgebung. Diese Unterschiede sind am kleinsten am Mittag, am größten am Morgen und am Abend. Die nächtliche Abkühlung ist in den Städten viel geringer als auf dem freien Lande; für Paris erreicht der Unterschied in Sommernächten mehr als 2°. Nach Hellmann ist Berlin wärmer als seine Umgebung im Winter um 0,3°, im Herbst um 0,4°, im Frühling und Sommer um 0,6°. Aber der größte Unterschied tritt in den Temperaturminima auf. In Berlin fiel im Januar 1893 das Thermometer auf —23°, in der freien Umgebung auf —31°.

Die Zoneneinteilung.

Wenn auch die althergebrachte Zoneneinteilung (s. Band I, S. 29) nicht dem Klima im einzelnen entspricht, so beruht sie doch immer auf dem Verhältnis der Sonne zur Erde, und das ist das Grundverhältnis der Klimatologie. Über den Einflüssen des Wassers und des Landes, der Tiefländer und Hochländer steht immer die Einstrahlung der Wärme und des Lichtes, die nach den Zonen geordnet ist. Wer möchte leugnen, daß die wirkliche Wärmeverteilung an der Erde ungemein weit von der theoretischen abweicht? Orte von annähernd gleicher Polhöhe stehen klimatisch weit auseinander. Hamburg, Barnaul am Altai und Nikolajewsk am Amur liegen zwischen 53 und 54° nördl. Breite, Hamburg hat eine mittlere Jahrestemperatur von +8,2°, Barnaul von —0,4°, Nikolajewsk von —2,5°. Wenn wir größere Gebiete vergleichen, ist der Unterschied noch größer. Aber ins einzelne des Klimas dieses Gürtels gehend, zeigt uns schon die Betrachtung der Julitemperaturen (Hamburg 17,1, Barnaul 19,5, Nikolajewsk 16,8°), wie sich die Lage zur Sonne durchsetzt, und wenn wir unseren Blick auf die Wirkungen des Klimas auf die Lebewelt richten, sehen wir alle drei Orte im paläarktischen Waldgürtel liegen. Und so kommt also doch die Zone zur Geltung.

Gehen wir von der wirklichen Verteilung der Wärme an der Erde aus, so zeigt uns jede Isothermenkarte Zonen von unregelmäßiger Begrenzung. Begrenzen wir mit Supan die warme

Zone durch die 20°-Isotherme, so zeigt schon ein rascher Blick auf ihren Verlauf, wieviel wertvoller diese Grenzlinien sind als die Wendekreise; schließen sie doch neben den Palmenhainen fast ganz die Korallenriffe ein, auf die man Grisebachs Ausspruch von den Palmen: der reinste Ausdruck des Tropenklimas, mit größerem Recht anwenden kann. So bilden sie auch im ganzen die Nordgrenzen der großen tropischen Kulturen und des Plantagenbaues und der tropischen Krankheiten. Auf den Meeren verläuft die Nordgrenze der warmen Zone im allgemeinen bei 30°, im landreichen Afrika und Vorderasien erhebt sie sich bis gegen 35°, in Nordamerika liegt sie durchschnittlich bei 32°, in Südostasien sinkt sie fast auf 25°. Auf der südlichen Halbkugel verläuft diese Grenze durchaus näher dem Äquator; nur im mittleren Stillen Ozean verharrt sie in der Nähe des 30. Parallels, steigt aber gegen die Westküste Südamerikas bis zum 12. Grad, an der Südafrikas bis zum 15. Grad südl. Breite und trifft die Westaustraliens fast am Wendelkreis; im Inneren der Südkontinente tritt sie polwärts über den 30. Grad südl. Breite vor.

So ist also ein im allgemeinen zwischen dem 30. Breitegrade beider Halbkugeln, mehr auf der nördlichen als der südlichen gelegenes Gebiet abgegrenzt, das 244 Mill. qkm umfaßt, nämlich 129 Mill. qkm nördlich und 115 Mill. qkm südlich vom Äquator; es ist um 42 Mill. qkm größer als der Gürtel zwischen den Wendekreisen oder die Tropenzone der mathematischen Geographie. Damit sind die Äquatorialgrenzen der gemäßigten Zone gegeben, für deren Polargrenzen Supan die 10°-Isotherme des wärmsten Monats wählt. Diese Linie tritt über den Polarkreis im Inneren der beiden Nordkontinente vor, so daß sie in Nordeuropa den 70. Grad, in Nordasien den 73. Grad, in Nordwestamerika den 68. Grad nördl. Breite erreicht; im nordöstlichen Nordamerika sinkt sie dagegen auf den 53. Grad, im nordöstlichen Asien auf den 60. Grad nördl. Breite herab; von jenem Punkte an steigt sie im Nordatlantischen Ozean nordostwärts an, von diesem sinkt sie im nordpacifischen. Auf der Südhalbkugel ist im Vergleich dazu ihr Verlauf ungemein gleichmäßig; man kann den 50. Grad südl. Breite als die Linie bezeichnen, um die sie nur unbeträchtlich schwankt. Es entstehen dadurch zwei gemäßigte Klimagürtel von sehr verschiedenem Umfang, im Norden 106 Mill. qkm, im Süden 74 Mill. qkm umfassend. Und jenseits von diesen breitet sich eine nördliche kalte Zone von 20 Mill. qkm und eine südliche von 66 Mill. qkm aus. Beide gemäßigte Erdgürtel bedecken 180 Mill. qkm, beide kalte 86 Mill. qkm. Wir haben also ein starkes Übergewicht der warmen Zonen zu beiden Seiten des Äquators. Diese beiden Tropengürtel sind die einzigen, die ein Ganzes bilden, daher die Größe des Raumes des tropischen Klimas (48 Prozent der Erdoberfläche!), daher auch die weitreichenden Folgen jeder Änderung in diesem Raum auch für das Klima der mittleren Breiten. Wir haben ferner eine sehr große kalte Zone um den Südpol und eine ausgedehnte gemäßigte Zone auf der Nordhalbkugel.

Weicht schon diese Supansche Einteilung der Erde in Wärmegürtel von der Isothermenkarte durch die Begründung der Polargrenzen der gemäßigten Zonen auf die Temperatur des wärmsten Monates ab, so stellt die Köppensche Abgrenzung der Wärmegürtel das damit berührte Motiv der Verteilung der Wärme über das Jahr in den Vordergrund. Sie unterscheidet die Zonen nach der Zahl der Monate von bestimmter Temperatur, die über 20° warm, von 10—20° gemäßigt, unter 10° kalt sind, und erhält auf diese Art eine Karte der Jahresverteilung der Wärme, die selbstverständlich der wirklichen Wärmeverbreitung viel näher steht als eine reine Isothermenkarte, infolgedessen für das Verständnis der Lebensverbreitung besonders nützlich ist. Der Einfachheit der Isothermenkarte und der Supanschen Zonenkarte entbehrt sie. Köppen zieht in den Tropengürtel alle Gebiete, wo alle Monate 20° warm sind; subtropisch sind ihm die Gebiete,

wo 11—4 Monate 20° warm sind, gemäßigt die, wo 4 Monate gemäßigt sind; in den kalten Gebieten sind vier Monate oder weniger gemäßigt, in den polaren sind alle Monate kalt.

Die Jahreszeiten.

Der Anbruch des Südwestmonsuns mit Donner und Blitz und der Übergang in den Nordostpassat unter Wirbelstürmen lassen keinen Zweifel über die zwei Jahreszeiten Indiens, die außerdem im allgemeinen auch als Trocken- und Regenzeit einander entgegengesetzt sind. Die dritte Jahreszeit, als welche in einigen Teilen Indiens eine der Regenzeit vorangehende heiße Zeit, in anderen eine kühle Zeit, die ihr folgt, unterschieden wird, ist ganz untergeordnet. Das Verweilen der Sonne über und unter dem Horizont gibt auch dem Sommer und Winter der Polarregionen unzweifelhafte Grenzen, wobei es außerdem nicht unpassend erscheinen mag, die Zeit von dem ersten Untergehen der Sonne bis zu ihrem völligen Verschwinden als Herbst zu bezeichnen. Es gibt Länder, wo so scharfe Unterschiede nicht bestehen, doch aber in der Verteilung der Wärme und der Niederschläge deutliche Abstufungen noch zu erkennen sind. Die Regenzeiten und Trockenzeiten sind aber meistens schärfer getrennt als die warmen und die kalten Jahreszeiten. Doch werden auch in den Regenzeiten oft kleine und große und außerdem Übergangszeiten unterschieden, freilich von sehr ungleicher Dauer. So hat man in Sansibar eine Monsun- und Regenzeit von 7 Monaten, eine Passat- und Trockenzeit von 3 Monaten und dazwischen Mai und November als Übergangszeiten, die wegen ihrer den lokalen Schiffsverkehr erleichternden Kalmen und veränderlichen Winde beide den hübschen Namen „zwei Segel" führen.

Unsere Jahreszeiteneinteilung paßt im allgemeinen nur für die kalte gemäßigte Zone mit kontinentaler Färbung. Es liegt eine Art Symmetrie darin, daß der kälteste Monat der Januar, der wärmste der Juli ist (vgl. die „Klimakarte von Europa" bei S. 491), jener in der Mitte der Winter-, dieser in der Mitte der Sommermonate liegt, und ebenso April und Oktober als Frühlings- und Herbstmonate nicht bloß zeitlich in der Mitte stehen, sondern durchschnittlich die mittlere Temperatur des Frühlings und Herbstes ihrer Gegenden haben. Je kontinentaler dieses Klima wird, um so schärfer werden die Unterschiede dieser Jahreszeiten, wogegen das ozeanische Klima die Unterschiede verwischt und alle Übergänge mehr hervortreten läßt. Dabei verschiebt sich die symmetrische Anordnung der charakteristischen Monate; wo der Einfluß der ozeanischen Wassermassen am größten ist, wird der Februar, unter Umständen sogar der März, der kälteste, der August der wärmste Monat. Indem nun von diesen Veränderungen am wenigsten Frühling und Herbst, am stärksten Sommer und Winter betroffen werden, breitet sich der Charakter der Übergangsjahreszeiten über die Hauptjahreszeiten aus, wobei der Winter die Merkmale des kalten Frühlings, der Sommer die des warmen Herbstes annimmt. Dabei trennen sich wieder besondere kürzere Abschnitte ab, wie die klaren sonnigen Spätherbstwochen, die wir bei hohem Luftdruck im November der nördlichen Balkanhalbinsel ebenso ausgesprochen finden wie im Oktober des Gebietes der Großen Seen in Nordamerika. Diese Ausgleichung aller Jahreszeitenunterschiede erreicht wiederum den höchsten Grad dort, wo zum Stande der Sonne noch der Einfluß großer Wassermassen auf die Witterung kommt, z. B. in Nordwesteuropa, wo das südwestliche England, die Hebriden, Färöer nur einen Unterschied von 7—8° zwischen dem kältesten und wärmsten Monat, von 4° zwischen Herbst und Sommer, 2° zwischen Frühling und Winter zeigen.

Ihrer Lage nach müssen die Äquatorial- und Polargebiete die wenigst ausgesprochenen Jahreszeiten haben, denn dort steht die Sonne immer hoch, hier steht sie immer tief (s. die beigeheftete Tafel „Mitternachtssonne am Nordkap") oder erscheint gar nicht, auch müssen dort

MITTERNACHTSONNE AM NORDKAP.

Nach Aquarell von *E. Hildebrandt.* (Verlag von Kluge u. Morgenstern, Berlin.)

dauernde Feuchtigkeit, hier Eis- und Schneelager ausgleichend wirken. In der Antarktis kommen dazu noch die ozeanischen Einflüsse, und dort entsteht daher das jahreszeitenloseste Polarklima.

Die Jahreszeiten der Polargebiete sprechen sich an der Erdoberfläche im Wachsen und Schwinden der Schnee- und Eisdecke und in der rasch wieder verschwindenden Erscheinung des Lebens aus. Die Zeichen des Frühlings sind im Eis die Verdunstung und oberflächliche Abschmelzung durch Sonnenstrahlung, die Payer „ein schmelzendes Abstoßen nach oben, ein jährliches Häuten der Eisoberfläche in der Stärke von etwa 2 Meter" nennt; daß die Abschmelzung durch die Wärme des Wassers nicht so unbedeutend ist, haben wir bereits gezeigt (vgl. oben, S. 266). An der durch die Wärme des Meeres begünstigten Südküste von Franz Josefs Land, wo am 14. Juni der erste Regen fiel und am 24. Mai die Alken, einige Tage früher die Schneeammern erschienen, begann im Mai „der Verfall der Eisgerüste und Wälle, bis das Eismeer als schneeiges Chaos vor uns lag. Reines, scharfkantiges Eis war fast nirgends mehr zu erblicken, seine Schneiden waren nicht mehr durchscheinend; die Verdunstung hatte die Oberfläche zu einer Art Firnschnee umgewandelt" (Payer). Erst Ende Juni regt sich dort an geschützten Stellen die Pflanzen- und Tierwelt, die nun ungemein rasch ihre Sommerzeit durchlebt. Kükenthal schildert den raschen Wechsel der Landschaft mit dem Anbruch des verhältnismäßig milden Sommers in Spitzbergen: „Sowie der arktische Sommer beginnt, verwandelt sich die Landschaft wunderbar schnell. Moose, Gräser, Steinbrecharten, die arktische Rose und andere Bekannte aus unseren Alpen bedecken die Halden und geben ihnen einen grünlichen Schimmer. Sogar ‚Bäume', zwei Weidenarten, wachsen an geschützten Stellen einige Zoll hoch. Der Frühling und kurze Sommer ist die goldene Zeit für das Renntier, welches, bis dahin spindeldürr, nach 8 Wochen unter seinem braunen Sommerkleid eine 2—3 Zoll dicke Speckschicht trägt." Ende August und Anfang September welken bei den ersten Frösten die jungen Sprossen ab, soweit sie nicht schon vorher einer der Schneefälle bedeckt hat, die auch im Sommer nicht ganz ausbleiben.

Die Verwischung aller Jahreszeitenmerkmale geht im gemäßigten Klima dort am weitesten, wo örtliche Einflüsse den Sommer abkühlen, den Winter erwärmen und Herbst und Frühling gleichsam miteinander mischen. Wenn im Sommer in Innerkalifornien das Thermometer bis auf 43° steigt, erreicht es in San Francisco unter dem Einfluß des kühlenden Meeres kaum 13°. Hier tritt also das Meer mäßigend ein, und so ist es auf vielen ozeanischen Inseln. In Südbrasilien wirkt die Erhebung ähnlich. Die hochgelegenen Landschaften der Küste haben dort ein durch den Einfluß einer Erhebung von 800—1000 m gemildertes, schnee- und fast frostloses, mäßig feuchtes Klima, in dem die Jahreszeitenunterschiede zurücktreten. Man gibt mit Fug solchen Ländern den schönen Namen „Frühlingsländer". Dazu mag man auch manchen geschützten Winkel in unserem Mittelmeergebiet rechnen.

Nur erinnern möchte ich an die für die praktische Unterscheidung von Jahresabschnitten oft im Vordergrund stehenden Erscheinungen, die erst infolge der Luftdruck-, Wärme- und Niederschlagsänderungen zu bestimmten Zeiten auftreten. Wieviel bedeuten für uns jene Erscheinungen des Pflanzen- und Tierlebens, die wie Zeiger auf der Jahresuhr das Erreichtsein bestimmter Wärme- oder Niederschlagsmengen anzeigen, die „phänologischen Jahreszeiten" der Biologen! Vgl. darüber unten, S. 519 f. u. 546. Für den Ägypter teilt sich das Jahr in eine Zeit, wo der Nil hoch, und eine andere, wo er tief steht. Auch am mittleren Amazonenstrom teilt das Steigen und Fallen des Stromes das Jahr; er steigt zuerst von Ende Februar bis Juni, dann noch einmal von Oktober bis Januar. Da er beim ersten Steigen, das das stärkere ist, seinen mittleren Stand um 14 m übertrifft, begreift man leicht die damit eintretende Änderung aller Lebensbedingungen.

Nicht überall erscheint die Jahreszeit, die den gleichen Namen trägt, in demselben Gewande; es sind vielmehr zwei Richtungen, in denen sie ganz bedeutende Abänderungen erfährt. Es variiert zunächst ihr Witterungscharakter. Dieselben Gebiete des Inneren von Nordamerika, denen Dove den Namen „Länder des kalten Frühlings" beilegte, könnten auch Länder des warmen Spätherbstes genannt werden. Der Winter ist in Westeuropa die Zeit der größten Veränderlichkeit im Temperaturgang; in Osteuropa ist er durch helles Frostwetter ausgezeichnet, dessen Dauer sich nach Ostsibirien ins gewaltige steigert. Der kühle, wolkenreiche Sommer

Nordwesteuropas und der heiße Sommer mit klarem Himmel der pannonischen Gebiete bedingen große Unterschiede im Leben und Arbeiten der Menschen; für den einen sind die grünen Weiden Englands oder der Normandie, für den anderen die Pußten, der Weizen und die Weinberge Ungarns bezeichnend.

Eine andere Abwandelung erfährt die Zeit des Jahres, die eine „Jahreszeit" einnimmt. Bei uns tritt die warme Jahreszeit nach der Sommersonnenwende ein, in Indien vor derselben, im Sudân sind die kühlsten Monate die der Sommersonnenwende, die zugleich die der Sommerregen sind, und die wärmsten dieselben wie auf der Südhalbkugel; auf den Inseln der atlantischen Nordost- und Südostpassatgebiete, den angrenzenden Küstenstrichen Afrikas und in ähnlicher Lage im Stillen Ozean fällt die größte Wärme in den Herbst der betreffenden Halbkugel, selbst in den Oktober. W. Köppen hat diese Typen der Wärmeverteilung als den europäischen, indischen, sudânischen und ozeanischen unterschieden; dazu kommt der äquatoriale mit wesentlich gleichmäßiger Wärmeverteilung über das Jahr. Indem sich die ebenfalls jahreszeitbildende Regenverteilung damit verbindet, erhalten wir allein im Bereich des europäischen Typus ausgesprochene Variationen, wie die Winterregengebiete des Mittelmeeres, des pacifischen Nord- und Südamerika, Südafrikas und Südaustraliens, die Sommerregengebiete Ost- und Innerasiens und des südlichen Nordamerika, Südostafrikas, Mittelaustraliens, des Inneren von Südamerika und endlich einen weiten Bereich gleichmäßiger Regenverteilung in ganz Mittel- und Nordeuropa, Nordwestasien und im größten Teil von Nordamerika.

Was an den Jahreszeiten konventionell ist, wird für die Wärmeverteilung abgestreift, wenn wir die Zeiträume eines Jahres abgrenzen, in denen bestimmte Temperaturgrade erreicht oder nicht erreicht werden. Wir erhalten damit eine Zweiteilung des Jahres, die für alle Lebensvorgänge wichtiger ist als die übliche Jahreszeitensonderung. In Innsbruck tritt z. B. die Temperatur von 5° durchschnittlich am 23. März ein und hört am 4. November auf. In Vent (1880 m) sind die betreffenden Tage der 25. Mai und der 30. September. Für alle Regungen des Lebens, welche Temperaturen von über 5° brauchen, ist also in Innsbruck die Spanne um 3 Monate länger als in Vent. Man kann sagen: in der einen Hälfte des so geteilten Jahres wacht das Leben, in der anderen schläft es.

---

4. Der Luftdruck und die Winde.

Inhalt: Das Gewicht der Luft und das Barometer. — Die Verbreitung des Luftdruckes über die Erde. — Luftberge. — Tägliche und jahreszeitliche Schwankungen des Luftdruckes. — Die Ausgleichung des Luftdruckes durch Winde. — Die Ablenkung der Luftströme durch die Umdrehung der Erde. — Wirbelstürme. — Berg- und Thalwind. — Gebirge als Windschutz. — Land- und Seewind. — Absteigende Luftströmung und Temperaturumkehr. — Warme Fallwinde. Föhn. — Kalte Land- und Fallwinde. — Die Passatwinde. — Die Monsune. — Die Winde der gemäßigten Zone. — Die Winde der Polargebiete.

Das Gewicht der Luft und das Barometer.

Die Luft lastet mit dem Gewichte der ganzen Atmosphäre auf der Erdoberfläche und auf allen Körpern, und ihre Teilchen streben zugleich nach allen Seiten mit einer Kraft auseinander, die man Spannkraft nennt. Daher nimmt das Gewicht der Luft von der Erdoberfläche an nach oben nicht einfach ab, sondern die Luft dehnt sich vermöge ihrer Spannkraft um so mehr aus, je höher sie liegt, weil ein um so kleinerer Teil der Atmosphäre auf ihr lastet. Der auf

der Luft ruhende Druck nimmt also langsamer ab, als die Höhe zunimmt. Auch die Wärme wird das Gewicht einer Luftsäule vermindern, und ebenso wird die Zumischung des Wasserdampfes wirken, da dieser leichter als Luft ist. Das spezifische Gewicht des Wasserdampfes ist nur 0,623 verglichen mit der Luft. Bei der Messung des Luftdruckes ist also die Wärme und der Wasserdampfgehalt der Luft wohl zu beachten. Nehmen wir aber den Druck trockener Luft bei 0°, so beträgt ihr Druck in Meereshöhe 10,330 kg auf 1 qm, bei 500 m 9730, bei 1000:9140, bei 2000:8070, bei 4000:6280, bei 6000:4890 kg. Man sieht, daß der Druck in den unteren Schichten der Atmosphäre rascher abnimmt, daß die Abnahme nach oben zu immer geringer wird. Zur Bestimmung der Luftdruckes dient das Barometer.

Das Barometer ist eine Wage zur Wägung der Schwere der Luft oder, was dasselbe ist, zur Messung des Luftdruckes. Im Quecksilber- und im Weingeistbarometer vertritt eine Flüssigkeitssäule das Gewicht, die in einer damit gefüllten, unten offenen Glasröhre nicht mehr ausfließt, wenn das offene Ende in einer Schale mit Quecksilber oder Weingeist mündet; es ist, wie Torricelli zuerst beobachtete, das Gewicht der Luft, das diese Flüssigkeitssäule immer in bestimmter Höhe hält. Die Quecksilbersäule bleibt bei 760 mm Höhe stehen, eine Wassersäule würde, da Wasser 13½ mal leichter ist, 10,26 m hoch stehen. Da diese Flüssigkeiten sich durch Erwärmung ausdehnen, muß diese mit beachtet werden; die angegebenen Zahlen gelten für 0°. Im Aneroidbarometer wird die Luft nach dem Grundsatz der Federwage an den Bewegungen des elastischen Bodens und Deckels einer luftleeren Metalldose gewogen. Beide nähern sich einander bei zunehmendem und entfernen sich bei abnehmendem Druck. Diese Bewegungen kommen an einer Feder und, durch einen Übersetzungsmechanismus vergrößert, an einem Zeiger zum Ausdruck. Die Form der nahezu luftleeren Dose ist bei den verschiedenen Aneroidkonstruktionen wesentlich die gleiche. Die Unterschiede liegen hauptsächlich im Übertragungsmechanismus, im Zeiger und in der Vorrichtung zur Ablesung der Skalen; die letzteren sind in der Regel schematisch geteilt, und man verzeichnet ihre Beziehung zu einer Quecksilberbarometerskala in einer besonderen Tafel. Mit dem Kochthermometer, einem sorgsam graduierten Quecksilberthermometer, mißt man gleichfalls das Gewicht der Luft, indem man die Temperatur bestimmt, bei der Wasser siedet. Je höher man steigt, desto niedriger wird natürlich mit abnehmendem Luftdruck diese Temperatur.

Wenn man mit einem dieser Werkzeuge den Luftdruck am Meeresspiegel mißt, erhält man unter normalen Witterungs- und Wärmeverhältnissen das mittlere Gewicht der Atmosphäre. Das Barometer steigt auf 760 mm, was einem Gewicht von 10,333 kg auf 1 qm entspricht. Eine Säule trockener Luft von gleichmäßiger Dichte würde, diesem Gewicht entsprechend, gegen 8000 m hoch sein. Nun ist aber die Atmosphäre, wie wir wissen, viel höher, denn ihre Dichte nimmt rascher ab, als die Höhe zunimmt. Wenn ich mich vom Meeresspiegel um 10,5 m erhebe, fällt das Barometer um 1 mm. Bei 678 m steht es auf 700 mm, bei 3500 m auf 490 mm, und wenn ich von der letzteren Höhe aus weiter steige, muß ich 16,3 m steigen, bis das Barometer um 1 mm fällt. Das Gewicht derselben Luftsäule wird aber nicht immer dasselbe sein, es wird mit der Wärme und dem Wassergehalt schwanken, mit deren Zunahme, wie schon bemerkt, die Luft immer und überall leichter wird.

Die Verbreitung des Luftdruckes über die Erde.

Der Luftdruck ist im Durchschnitt des Jahres so auf der Erde verbreitet, daß weniger als 760 mm in einem Bande von wechselnder Breite vorkommen, das im allgemeinen durch die Tropenzone zieht, darüber hinaus bis 30° nördlicher und südlicher Breite und im nördlichen Atlantischen und Stillen Ozean sogar bis zur Nähe des nördlichen Polarkreises sich ausdehnt. Im Tropengürtel sind nicht bloß auf dem Meere, sondern auch über dem Lande die Schwankungen des Barometers klein, die periodischen, besonders die täglichen wiegen vor, zur Ausbildung großer Minimal- und Maximaldruckgebiete kommt es nicht. Nördlich und südlich liegen Gebiete von

mehr als 760 mm Druck, die auf der Südhalbkugel ebenfalls ein Band um die Erde bilden, das im allgemeinen zwischen 20 und 40° südlicher Breite liegt, während es auf der Nordhalbkugel durch die Ausbreitung des Gebietes niederen Druckes im Stillen Ozean unterbrochen ist. In diesem nördlichen Gebiete liegen die Regionen höchsten Druckes in Ostsibirien mit 768 mm, im Atlantischen Ozean zwischen 30 und 40° nördlicher Breite und im östlichen Stillen Ozean ungefähr in derselben Breite; diese beiden haben 766 mm. Gebiete von solchem Luftdruck hat die Südhalbkugel nicht aufzuweisen; auf ihr herrscht wahrscheinlich im Durchschnitt ein 15 mm schwächerer Luftdruck als auf der nördlichen. Nördlich und südlich schließen sich wieder Gebiete niedrigen Druckes an, die einen großen Teil der Polargebiete zu umschließen scheinen. Vereinzelte Beobachtungen sprechen aber dafür, daß man eine Zunahme des Luftdruckes in dem Inneren der Arktis und Antarktis erwarten kann. Vergleiche die Bemerkungen über die antarktischen Luftströmungen S. 462. Leicht erkennt man, daß in ein Gebiet niedrigen Luftdruckes der nördliche Atlantische Ozean mit dem nordöstlichen Nordamerika, Grönland und das nordwestliche Europa und ebenso der nordpacifische Ozean mit dem nordöstlichen Sibirien, Sachalin und Yesso, den Aleuten und dem nordwestlichsten Nordamerika gehören, während Gebiete hohen Druckes die sogenannten Passatgebiete über dem Meere, dann Nord-, Zentral- und Westasien, Mittel- und Südeuropa, Nordafrika und das mittlere und südliche Nordamerika umschließen. Weiter südlich ist dann niedriger, hoher und wieder niedriger Druck viel regelmäßiger gürtelförmig nach der heißen, warmen gemäßigten und kalten gemäßigten Zone angeordnet; von den Ländern fällt nur noch das südliche Südamerika südlich von 42° mit Feuerland in den Gürtel niedrigen Druckes der kalten gemäßigten Zone der Südhalbkugel. Aus den Isobaren ergibt sich also schon auf den ersten Blick eine deutliche Abhängigkeit des Luftdruckes in den Hauptzügen von der Erwärmung und dann von der Verteilung des Landes und des Wassers über der Erde. Auf der wasserreichen Südhalbkugel ist der Luftdruck im ganzen geringer und dabei regelmäßiger verteilt als auf der landreichen Nordhalbkugel. Und auf der letzteren sind wieder die beiden großen Meere Gebiete niedrigen Druckes.

Sehen wir, wie der Luftdruck in den kalten und warmen Zeiten des Jahres verteilt ist, so wird das Bild noch klarer: höherer Luftdruck über den Meeren im Sommer, über den Festländern im Winter; im Juli liegt ganz deutlich der hohe Druck über dem nordatlantischen und nordpacifischen Ozean und der niedrigste Druck über der größten Landmasse, Asien, und zwar über Zentralasien und Südwestasien, wo er in Afghanistan und über dem Indusland bis 745 mm sinkt. Umgekehrt im Januar: da sind Asien bis zum Wendekreis, das kontinentale Europa und das mittlere und südliche Nordamerika durch hohen Druck ausgezeichnet, und der niedrige Druck liegt über dem nordatlantischen und nordpacifischen Meer. Trotz jenes Sinkens des Luftdruckes im Sommer liegt daher über dem Norden und Osten und dem Inneren Asiens im Durchschnitt des Jahres ein Luftdruck, der bis zu 768 mm zwischen Jakutsk und Irkutsk ansteigt; das ist der höchste Druck, den wir irgendwo auf der Erde kennen. Nach Süden nimmt er langsam bis zum Gebirgswall ab; aber im Winter steigt er über jenem ostsibirischen Gebiet bis zu 778 mm an. Der Stärke dieses jahreszeitlichen Unterschiedes im Luftdruck entsprechen die Luftbewegungen, die er hervorruft; hier liegt der Ursprung der Monsune, die den größeren Teil von Asien und weite Strecken des Stillen und Indischen Ozeans klimatisch beherrschen.

Luftberge.

Wir sehen, daß an der Erdoberfläche der Luftdruck im allgemeinen gegen die Pole hin zunimmt; infolge davon bewegt sich an der Erdoberfläche Luft äquatorwärts. Zugleich nimmt

aber der Luftdruck in bedeutender Höhe überall gegen die Pole hin ab; daher besteht auch ein Gefälle der Luft in der Höhe vom Äquator zu den Polen. Eine Messung am Antisana in den Anden von Ecuador zeigte in 4068 m Höhe einen Barometerstand von 471 mm, am Pike's Peak unter 38° 6′ nördl. Breite in den Felsengebirgen von Nordamerika in derselben Höhe nur 458 mm. Auf Grund solcher Thatsachen sprechen die Klimatologen von einer Aufwölbung der Luftschichten gleichen Druckes, von einem *Luftberg*, an dem herab die Luft wie das Wasser von einem Berge, dem Gefälle folgend, abfließt.

Das durch die ungleichmäßige Verteilung des Luftdruckes gestörte Gleichgewicht will sich auf doppeltem Wege wiederherstellen. Der Äquator ist also nicht bloß eine Wärme-, sondern auch eine *Luftströmungsscheide*, und zwar eine Scheide von je zwei in entgegengesetzten Richtungen übereinander fließenden Strömungen: zwei unteren, die nach dem Äquator zielen, und zwei oberen, die vom Äquator abfließen. Beide Systeme lassen sich deutlich bis zum 30. Breitengrad verfolgen. Zwischen beiden aber liegt in der äquatorialen Zone ein Gebiet, wo die Luft gleichsam aufsteigt, welche die oberen Abflüsse speist. In dieser regelmäßigen Anordnung zu beiden Seiten des Äquators liegt der Grund der Regelmäßigkeit des Ablaufes klimatischer Erscheinungen in den tropischen und subtropischen Zonen der Erde, besonders in den Luftströmungen hervortretend, die wir Passate nennen. Der „aufsteigende Luftstrom" darf nicht wörtlich genommen werden. Aufsteigende Luftmassen kommen vereinzelt häufig vor, aufsteigende Winde sind in Gebirgsländern gewöhnlich, aber ein Aufsteigen der Luft über ganze Erdteile oder im ganzen Äquatorialgürtel bis zu bedeutender Höhe ist nicht möglich; es würde übrigens schon in geringer Höhe eine konstante Wolkendecke hervorrufen müssen, von der wir nichts wahrnehmen.

Die Thatsachen, wie sie besonders durch Ballonfahrten klargestellt sind, liegen folgendermaßen: die Erwärmung der Luft bei Tage pflanzt sich in kleineren und größeren Luftteilchen nach oben hin fort, indem diese sich nach oben ausdehnen und zum Teil aufsteigen. Kühle Luftteilchen sinken dafür von oben herab. Nur langsam und unter vielen Rückschwankungen erreicht ein am Boden befindliches Luftteilchen eine gewisse Höhe. Das ist ein allmähliches Mitteilen und Fortpflanzen von Wärme aus tieferen in höhere Schichten der Atmosphäre; und zugleich ist es ein allmähliches Heben der Luftschichten über dem erwärmten Boden. Bei nächtlichen Ballonfahrten von München aus nahm die Wärme (im Juli) vom Boden bis 300 m von 12 bis über 18° zu, es lag also die am Tage erwärmte Luft über der durch nächtliche Ausstrahlung abgekühlten Luft; und darüber folgte eine Schicht mit abnehmender Wärme. Luftschichten, die horizontal übereinanderlagen, werden durch die Erwärmung in die Höhe gebogen, und die Masse der Luft in der Höhe nimmt zu. Die Luftdruckbeobachtungen an übereinanderliegenden Stationen zeigen unter solchen Verhältnissen ein Steigen des Druckes in der Höhe, das der Ausdruck der Hebung der Luftschichten durch die von unten kommende Erwärmung ist. Deswegen steht auf dem Sankt Bernhard in 2500 m das Barometer im Juli auf 569, das im Januar auf 561 mm stand, ja auf dem Theodulpaß, der 3300 m hoch ist, steht es im Juli auf 512 und im Januar auf 502 mm. Auch die gleichwarmen Schichten der Atmosphäre steigen, praktisch gesprochen, vom Meere nach dem Lande an, wölben sich von den Küsten nach dem Binnenlande zu empor; dadurch entsteht ein Luftgefälle vom Land zum Meer, die Luft fließt seewärts dahin ab, wo der Druck am geringsten ist; so empfängt nun das Meer in der Höhe Zufluß an Luft, der den über der kühleren Wasserfläche ohnehin stärker gebliebenen Druck vermehrt. Daher fließt jetzt unten Luft landwärts. Und so erklären sich denn nun auch die merkwürdigen Beobachtungen über ein Beginnen des Seewindes draußen in einiger Entferung vom Lande, von wo er sich langsam zum Lande

hin „durcharbeitet". Vollzieht sich der Prozeß über Erdteilen und Meeren, dann macht sich die ablenkende Wirkung der Erdumdrehung mächtig geltend, und wir begegnen dann an den Rändern der Erdteile den „Monsunen", die besonders die Inseln, Halbinseln und Küsten überwehen. Diese Verschiedenheit in der Zuteilung von Land und Wasser an die beiden Erdteilhälften bewirkt in erster Linie ein Fluten von Luftmassen über den Äquator weg bald nach Norden, bald nach Süden: im Nordsommer Erwärmung der Nordhalbkugel infolge ihres überwiegenden Landes, Aufsteigen der Luft, Abfließen auf die Südhalbkugel; im Nordwinter umgekehrt Abgabe von Luft der Südhalbkugel an die Nordhalbkugel. Eine große Masse Luft, die im Januar über der Nordhalbkugel gesammelt ist, fließt im Juli auf die Südhalbkugel über. Auf dieser ist nicht nur über den Festländern, sondern auch über den Meeren der Luftdruck im Juli höher als im Januar, dagegen ist er auf der Nordhalbkugel fast durchaus tiefer, und zwar um Beträge, wie sie auf der Südhalbkugel nicht von ferne erreicht werden. Steht doch der Luftdruck in 40° nördl. Breite und 80° östl. Länge, also im südlichen Zentralasien, im Januar 19 mm über dem des Juli. In derselben Breite und Länge der Südhalbkugel steht er im Juli doch nur 7 mm über dem des Januar. Also ein gewaltiges nordsommerliches Defizit!

Tägliche und jahreszeitliche Schwankungen des Luftdruckes.

Der Luftdruck schwankt jeden Tag von einem hohen Stande am Vormittag zu einem niedrigeren am Nachmittag; auf diesen folgt wieder eine Erhöhung am Abend und ein Herabsinken gegen Morgen. Diese Schwankungen erreichen am Äquator den Betrag von 2—3 mm und sinken bei 30° auf 1,6, bei 60 auf 0,13 mm, so daß man sie in den gemäßigten Zonen nur noch durch Vergleichung der Barometerstände in langen Zeiträumen wahrnimmt. In den Tropen sind diese Schwankungen nicht bloß stark, sondern auch sehr regelmäßig, der niedrigste Stand wird morgens und nachmittags 3—4 Uhr erreicht, ein hoher Stand vormittags und nachmittags 9—10 Uhr. Die Erwärmung der Atmosphäre, besonders in den höheren Schichten, ist die Hauptursache dieser täglichen Schwankungen, wozu dann noch die Änderungen ihres Wasserdampfgehaltes kommen. Die Luft, die sich erwärmt, findet nur nach oben hin einen Weg, auf dem sie sich ausdehnen kann, denn nach unten hemmt sie der Erdboden und auf den Seiten andere Luftmassen. Dieselbe Steigerung der Spannkraft erfahren auch die Wasserdämpfe, deren Vermehrung nicht bloß die Spannkraft der ganzen erwärmten Luftmasse steigert, sondern auch ihr Gewicht vermindert. Alles das bewirkt über der Stelle der Erwärmung die Bildung eines „Luftberges" (s. oben, S. 438) mit der daraus sich ergebenden Abflußbewegung der Luft nach weniger erwärmten Stellen, also Verminderung des Luftdruckes an jener, Vermehrung an diesen, und ein Wandern des Luftdruckes mit der Sonne in der Weise, daß das Luftdruckminimum immer in einem gewissen Zeitzwischenraum dem Höchststande der Sonne folgt. Der Einfluß des Bodens auf die Wärmeverteilung macht sich dabei in der Weise geltend, daß die Schwankungen des Luftdruckes mit den Unterschieden der Erwärmung und mit der Möglichkeit des Luftwechsels zunehmen. So wachsen sie vom Meere nach dem Inneren der Länder zu und sind auch besonders stark in Thälern im Sommer, wenn der Wechsel des Berg- und Thalwindes allabendlich einen Luftstrom thalab- und -auswärts leitet, der im Thale den Luftdruck vermehrt, ebenso wie der Bergwind aufwärtswehend ihn vermindert.

So wie an jedem einzelnen Tage ist auch im Laufe des Jahres der Luftdruck an jedem Ort und in jedem Teil der Erde verschieden. Mit der Erwärmung und mit der Verdunstung wachsen und wandern die Luftdruckunterschiede. Zahllose kleinere Unterschiede des Luftdruckes teilen das

Jahr in allen Teilen der Erde, aber immer so, daß über dem Lande die Erwärmung den Luftdruck beträchtlich sinken, die Abkühlung ihn steigen macht, während über dem Meere die Unterschiede meistens gering bleiben. Der Vorgang ist dabei niemals eine einfache Zu- oder Abnahme des Druckes durch die bei Abkühlung schwerer, bei Erwärmung leichter werdende Luft, sondern immer zugleich auch eine Verlagerung anderer Luftmassen; kühlt sich z. B. Luft ab, so wird sie an sich schwerer, zieht sich aber auch zusammen und macht zuströmender Luft Raum, die das Gesamtgewicht vermehrt. Es ist also unmöglich, daß jemals Ruhe im Luftkreis herrscht. Auch wo wir keinen Luftstrom als Wind oder auch nur als Brise empfinden, bewegt sich die Luft, z. B. an den ruhigsten Wintertagen.

Die Ausgleichung des Luftdruckes durch Winde.

Über kein größeres Gebiet der Erde hin ist der Luftdruck gleich, besonders wenn es aus Land und Wasser besteht. Es gibt in jedem ein Gebiet größten Druckes: Maximum, und ein Gebiet geringsten Druckes: Minimum. Aus dem Gebiet hohen Druckes fließt die Luft ab, nach dem Gebiet geringen Druckes fließt sie hin. Die abfließende Luft, die von ihrem Herkunftsgebiet auswärts gerichtet ist, zerstreut sich nach verschiedenen Richtungen, die zufließende strömt einwärts auf ein Gebiet zusammen. Beiden prägt aber die Umdrehung der Erde jene Ablenkung auf, die Wirbel aus ihnen macht, die wir als Cyklone und Anticyklone unterscheiden. Aus den Hochdruckgebieten abfließend, vermehrt der Luftstrom der Anticyklone den Druck in den Nachbargebieten, wo er als Luftwirbel: Cyklone, ankommt: die Maxima speisen die benachbarten Minima. Da aber selten ein ganz gleichmäßiges „Gefälle" diese Bewegung regelt, so haben auch gewöhnlich die Winde keine gleichmäßige Bewegung, sondern fließen mit einer Reihe von Stößen, die mehrmals im Zeitraum einer Minute pulsierend aufeinanderfolgen. Nur Stürme und Winde, denen durch örtliche Umstände ein Weg gewiesen ist, wie Thal- und Paßwinde, gehen wie Ströme in bestimmten Betten, in denen sie sinken und anschwellen, deren Ufer sie aber nie weit überschwemmen. Die natürliche Neigung der Luftströme wird sein, gleich den Wasserströmen, ihren Gang zu verlangsamen, besonders wenn sie sich ausbreiten, oder, wo dies nicht möglich ist, sich zu stauen. Das ist besonders deutlich bei Landwinden, die sich ausbreiten, sobald sie die Wasserfläche erreichen und ihre bestimmte Richtung aufgeben, wie ein Strom, der am Meere sich zum Delta erweitert.

Die Tiefe der Luftströme ist verschieden. Die Anticyklonen sind von größerer horizontaler Ausbreitung als die Cyklonen, in diesen aber reichen die nahezu parallel zu den Isobaren sie umwirbelnden Luftmassen höher hinauf. Daher kommt es, daß Westwinde, wo sie in unserer Zone auftreten, die ganze Atmosphäre beherrschen. Ostwinde sind seichte Winde, über denen Westwinde wehen, und zwar oft mit viel größerer Geschwindigkeit. Es wird ein Fall berichtet, wo über einem Ostwind von 3 m Geschwindigkeit Weststürme von 40 m in 16,000 m Höhe wehten. Daher sind westliche Luftströme in der Höhe häufig, und die höchsten Wolken, die Cirruswolken, gehen unbeirrt ihren westlichen Gang, wenn unten die Winde aus allen übrigen Strichen der Windrose wehen. Damit hängt denn auch die Zunahme der Windstärke mit der Höhe zusammen, welche die Luftschiffer so oft zu ihrem Schaden erprobt haben. Die wissenschaftlichen Ballonfahrten der letzten Jahre haben sie festgestellt; man fand, die Windstärke an der Erde zu 1 angenommen, 1,75 in 500 m, 2,5 in 3500 m, 4,5 in 5500 m Höhe. Die anfänglich rasche Zunahme verlangsamt sich in der Zone der häufigsten Wolkenbildung; von 3000 m an tritt wieder Zunahme ein. Schon auf dem Eiffelturm ist die Windstärke bei 300 m Höhe

3—4mal größer als in 21 m Höhe in der Meteorologischen Zentralstation von Paris. Die Stärke des Windes wird durch den Unterschied des Luftdruckes bestimmt, der ein Gefälle vom Orte höheren Druckes zu dem tieferen Druckes bewirkt; die Meteorologen drücken diesen Unterschied durch den Gradienten aus. Die Windstärke ist annähernd proportional dem Gradienten; sie ist am stärksten da, wo die Linien gleichen Luftdrucks, die Isobaren, am dichtesten aufeinanderfolgen, am geringsten da, wo dieselben weit auseinandertreten. Wenn also die Richtung des Windes bestimmt wird durch den Ort des niedrigsten Luftdruckes, so bestimmt die Größe des Unterschiedes des Luftdruckes die Stärke des Windes. Windstille ist vollkommene Ruhe der Luft, Sturm ist heftigste Bewegung; zwischen beiden liegt eine lange Reihe von Abstufungen, von denen z. B. eine Geschwindigkeit von 1 m in der Sekunde einen leisen Luftzug, von 7 m eine Brise, von 15 m einen starken Wind, von 40—45 m den heftigsten Orkan bezeichnet. Neben dem Gefälle entscheidet auch die Reibung über die Geschwindigkeit der bewegten Luft. Überall ist die Geschwindigkeit derselben Luftströmung größer über dem Meer als über der Küste und nimmt weiter von der Küste nach dem Binnenlande ab. Loomis berechnet die durchschnittliche Geschwindigkeit der Winde in einer Stunde zu annähernd 48 km über dem Nordatlantischen Ozean, 20 km an der Westküste von Europa, 16 km an der Ostküste der Vereinigten Staaten von Nordamerika, 13 km im Binnenland östlich und westlich dieser Gebiete.

Die eigentümliche Erscheinung, daß bei kräftig einsetzender Flut in tropischen Ästuarien, wie bei Pará, Saigon, Rangun, Kamerun, die Seebrise stärker weht, führt Krümmel darauf zurück, daß die Flächen gleichen Druckes über diesen warmen Wasserflächen, die ohnehin durch die Erwärmung sich heben, außerdem noch mechanisch durch die Flut emporgehoben werden: das Gefälle nach der See wächst, und der Unterwind, die Seebrise, wird verstärkt.

Die verstärkten Luftströme der Gebirgshöhen schaffen geographische Werke, die nicht zu übersehen sind. Wem hat nicht der aufsteigende Luftstrom auf einer Bergspitze lose umherliegende Blätter vor den Augen senkrecht 10 oder 20 m in die Höhe entführt? In der Art, wie der Schnee solche Findlinge festhält und der Firn sie als Schlamm von hohem Gehalt an organischen Stoffen wieder ausstößt, haben wir eine wichtige Beziehung zwischen den festen Niederschlägen und dem Lebensboden kennen gelernt (vgl. oben, S. 336). Nicht emporgezogen, sondern emporgerissen wird die Luft an steil aufsteigenden Inseln und Randgebirgen warmer Länder und Meere. So herrschen fast ununterbrochen stürmische Winde auf den Höhen der Hawaïschen Inseln. Die rasch gebildeten und blitzschnell sich ausbreitenden Wolken der Tropen, mit ihren Gewittern und heftigen Regengüssen, sind die Folge dieser energischen Bewegungen. Es gibt auch eine tägliche Periode der Stärke des Windes, die überall auf der Erde bei Tage anschwillt und bei Nacht sinkt und nicht selten ein Steigen mit der Wärme an heiteren Tagen und ein Fallen mit der abendlichen Abkühlung zeigt. Nicht bloß bei schwächeren Winden, wie Land- und Seewinden, macht sich das geltend, sondern auch beim Passat, der bei Tag und Nacht weht, tritt diese Veränderung hervor. Wenn uns Nachtigal schildert, wie in den Nächten der Passatregion Nordafrikas die Luft schläft, während bei Tag der Wind heftig weht, muß man an die Auflockerung der unteren Luftschichten durch die starke Erwärmung des Bodens denken, die den in geringer Höhe immer wehenden Passat bis zum Boden herabsteigen läßt.

Die Erwärmung der niedersteigenden Luft durch Zusammendrückung, die Abkühlung der aufsteigenden durch Ausdehnung verleihen den beiden entgegengesetzten Bewegungen grundverschiedene Wärmeverhältnisse. Die Anticyklone ist in ihrer Gesamtheit wärmer als die Cyklone, und die Wärme nimmt in dieser nach oben zu rasch ab. Ballonfahrten in Gebieten herabsteigender Luft haben dasselbe Ergebnis gehabt wie die vergleichenden Temperaturmessungen

in verschiedenen Höhen. Der Ballon verließ den Boden bei 2,7°, fand in 1120 m 5,8° und erst in 2145 m 1°; dagegen wurden in aufsteigender Luft am Boden 9,2°, in 1120 m — 1,7°, in 2145 m — 8,2° beobachtet.

Die Ablenkung der Luftströme durch die Umdrehung der Erde.

Die Richtung der Luftströme kann unmöglich immer dieselbe bleiben, die durch die Lage der Gebiete höheren und niederen Druckes ihnen einmal erteilt wird. Denn indem sie sich bewegen, kommen sie in Konflikt mit der um sich selbst sich drehenden Erde. Die Erdfläche, über die sie hinstreichen, ist selbst in Bewegung, jede Luftmasse aber hat die Bewegung ihres Ausgangsgebietes und sucht sie nach dem Gesetz der Trägheit beizubehalten. Führt nun die eigene Bewegung diese Luftmasse in eine Zone weiter äquatorwärts, wo jeder Punkt der Erdoberfläche größere Wege macht, so bleibt ihre Umdrehungsbewegung hinter der der Erde zurück, und diese Luftmasse scheint der nach Osten hin sich drehenden Erde entgegenzufließen. Wird umgekehrt die Luftmasse polwärts bewegt, also in Gebiete von geringerer Umdrehungsbewegung, so scheint sie mit ihrer größeren eigenen Geschwindigkeit der Erde gleichsam vorauszufließen. Das bedeutet also Ablenkungen, die auf der nördlichen Halbkugel rechts, auf der südlichen links gerichtet sein müssen. Diese Ablenkungen sind am geringsten am Äquator und wachsen polwärts. Indem sie fortschreiten, können sie nicht geradlinig bleiben, sondern werden zu Bogenlinien, wie es das allgemeinste Gesetz der Luftströmung ausspricht: die Luftbewegung geht von Gebieten höheren Druckes nach Gebieten geringeren Druckes in Spirallinien, da infolge der Umdrehung der Erde eine Ablenkung nach rechts auf der nördlichen, nach links auf der südlichen Halbkugel stattfindet. Dadurch entstehen die ein Gebiet niedrigen Druckes umwirbelnden Winde, die mit jenem zusammen eine Cyklone bilden, und die von einem Gebiete hohen Druckes spiralspeichenförmig hinausstrebende Winde, die mit ihr zusammen eine Anticyklone bilden. In beiden Fällen liegt das Gebiet niedrigen Druckes links vom Beobachter. Wenn also ein starker Wind weht, und wir drehen ihm den Rücken, so haben wir das Minimum, um das sich der Wind dreht, zu unserer Linken. Und wenn wir auf der Nordhalbkugel mit dem Rücken gegen den Wind den Himmel beobachten, kommen die oberen Strömungen um so entschiedener von links, je höher sie sind; umgekehrt wehen sie auf der südlichen Hemisphäre von rechts. Die geographisch bedeutsamste Folge dieser Verteilung und Ablenkungen ist, daß alle polwärts strömenden Luftbewegungen die Neigung haben, westliche, alle äquatorwärts strömenden östliche zu werden. Daher die Systeme von vorwaltend nordöstlichen und südwestlichen Winden auf der nördlichen und von vorwaltend südöstlichen und nordwestlichen Winden auf der südlichen Halbkugel. Da nun durch die Umdrehung der Erde die gegen den Pol abfließenden Luftmassen rechts abgelenkt werden und einen mächtigen Wirbel bilden, in dem die Geschwindigkeit mit der geographischen Breite wächst, vermindert die damit sich entwickelnde Zentrifugalkraft den Luftdruck am Pol und verstärkt zugleich den Luftdruck in der subtropischen Zone.

Eine Nebenerscheinung ist dabei, daß in den Äquatorialgegenden, wo die ablenkende Kraft der Erdumdrehung sehr gering ist, geringe Gefälle zur Hervorbringung kräftiger und beständiger örtlicher Luftströmungen genügen, was dort besonders den Land- und Seewinden zu gute kommt.

Ein allgemeiner Blick über die Erde zeigt uns demgemäß in den nördlichen und südlichen gemäßigten Zonen bis etwa 40° nördl. und südl. Breite vorwiegend westliche Winde, die durch einen Gürtel veränderlicher Winde in die beiden Passatregionen übergehen, zwischen die sich ein

einfacher oder doppelter Kalmengürtel in der äquatorialen Zone hineinlegt. In der Richtung verschieden und sogar entgegengesetzt, gehören sie doch alle zu einem einzigen Kreislauf. Eine dieser Strömungen, wie stark sie auch sein möge, kann daher für sich gar nicht verstanden werden. Selbst die Passate und Monsune greifen von einer Halbkugel in die andere über; aus einem Südostpassat der südlichen Halbkugel wird ein Südwestwind der nördlichen, und der Passat der einen Halbkugel weht am kräftigsten, wenn die Sonne über der anderen am höchsten steht. Man muß die Luftströme alle in ihrer tellurischen Größe auffassen und selbst scheinbar regellos ineinander übergehende Winde auf ihre Verwandtschaft mit größeren Luftströmungssystemen prüfen.

Wirbelstürme.

Wirbelwinde von außergewöhnlicher Heftigkeit treten in tropischen und subtropischen Gebieten auf und greifen von hier aus auch in einige Teile der gemäßigten Zone über. Nicht gerade unter dem Äquator zwar begegnet man ihnen; hier gleichen sich die ohnehin nicht beträchtlichen Luftdruckunterschiede örtlich aus, und die Ablenkung durch die Umdrehung der Erde ist zu schwach, um Winde auf die Wanderschaft zu schicken. Die Wirbelstürme, die man mit einem spanischen Namen Tornados nennt, gehen im Atlantischen Ozean äquatorwärts nicht über 10°, die Wirbelstürme des Indischen Ozeans nicht über 6° hinaus. Gerade wie die Wirbelwinde bestehen auch die Wirbelstürme aus einem trichterförmigen Raume, der um eine fast senkrechte Achse rotiert, indem er zugleich in einer bestimmten Richtung fortschreitet (s. die nebenstehende Abbildung). Das Fortschreiten geht mit einer Geschwindigkeit von 50 km in der Stunde vor sich; darin liegt die zerstörende Kraft dieser Stürme. Zur Drehung um die Achse, die stets wie bei den gewöhnlichen Zyklonen im Sinne der Uhrzeiger geht, kommt ein aus dem Inneren des Trichters nach außen gerichteter Strom, der eben den röhrenförmigen Innenraum des Wirbels zum Trichter erweitert, ferner Bewegungen nach oben, für die das Hinaufgeführtwerden schwerer Gegenstände Zeugnis ablegt, endlich ein Schwanken des ganzen Trichters nach den Seiten und ein Heben und Senken, wobei die Entfernung vom Erdboden eine Verminderung, ein Herabsinken Verstärkung der zerstörenden Wirkungen bedeutet. Nach Schätzungen kann man schließen, daß nach oben gerichtete Geschwindigkeiten von 200 km in der Stunde und drehende von 130 km vorkommen. Von außen gesehen ist der Wirbelsturm eine dunkle Wolke von nicht bedeutender Höhe, bis zur untersten Wolkenschicht reichend, die entweder spitz nach der Erde zuläuft oder sich unten oder oben oder nach beiden Enden ausbreitet. Er tritt mit Regen und Gewitter auf und verwüstet, indem er alles, was über die Erde hervorragt, knickt, wegreißt, in die Höhe hebt und fortträgt (s. die Abbildung, S. 445). Ungemein schmal ist oft die Bahn eines Wirbelsturmes, manchmal nicht 100 m breit, wobei man annehmen kann, daß der Durchmesser des Wirbels selbst nur einige Meter erreicht. Der Weg eines Wirbelsturmes ist stets ein Bogen, und zwar liegt immer ein ziemlich geradliniges Stück in den Tropen, das beim Übergang in die gemäßigte Zone umbiegt. So ziehen die Taifune des westlichen Stillen Ozeans zuerst von

Diagramm eines Wirbelsturmes. Nach Abercromby, „Seas and skies“.

Südosten her nach Norden, gehen etwa unter 30° nördl. Breite rein nördlich und dann nordöstlich, beschreiben also eine vollständige Schlinge. Im tropischen Atlantischen Ozean ziehen die Wirbelstürme oder Tornados genau denselben Weg vom Äquatorialgürtel erst nordwest, dann nordostwärts im Antillenmeer (s. die Karte S. 446). Im Meerbusen von Guinea kommen sie immer aus einer Richtung zwischen Nordosten und Südosten. Auffallend ist die scharfe Abgrenzung der Gebiete dieser Wirbelstürme; hart neben dem Antillenmeer, einem ihrer Lieblingsgebiete, sind sie in Guayana unbekannt, das indische Festland berühren sie selten, während sie direkt daneben den Bengalischen Meerbusen so oft heimsuchen.

Die Wirkung eines Taifuns in Manila. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 444.

Im ganzen Monsungebiete sind Dreh- oder Wirbelstürme[1] beim Monsunwechsel und besonders beim Übergang aus dem Südwest- in den Nordostmonsun häufig. Von der Nordgrenze, ungefähr 38° nördl. Breite an der Küste Japans, nehmen sie an Zahl äquatorwärts zu, treten am häufigsten auf, wenn eine längere Wärmeperiode das Meer stark erwärmt und die Luft darüber wasserdampfreich gemacht hat. Im Zentrum eines solchen Wirbels sinkt der Druck oft auf 720, ja 710 mm. Auf ihre Bahnen scheint im Norden der Kuroschiwo einen ablenkenden Einfluß auszuüben. Den Meerbusen von Bengalen durchziehen sie gleichfalls von Südosten her und biegen in der Regel vor der Küste nach Nordosten um. Im südlichen Stillen Ozean hat die Gegend der Samoa-Inseln Orkane, die aus dem Äquatorialgürtel mit Nordost herankommen und bis zu Südwest drehen. Mauritiusorkane nennt man die Wirbelstürme, die einen großen Teil des mittleren Indischen Ozeans alljährlich heimsuchen, mit Vorliebe im Sommer der Südhalbkugel. Die tropischen Wirbelstürme des Antillenmeeres kommen als Hurricanes

[1] Taifun, aus τυφων, Wirbelwind, entstellt; das Wort kommt zuerst 1560 bei Pinto vor; chinesisch Tai fu.

an die südatlantische Küste der Vereinigten Staaten und die Golfküste. Ihre Bewegung ist hier immer von Südwesten nach Nordosten gerichtet. An der atlantischen Küste kommen sie in der Linie des Golfstromes aus Süden bis zur Halbinsel Florida, bei welcher sie entweder umbiegen, um sich mit steigender Geschwindigkeit auf das Meer hinaus zu begeben, oder parallel der Küste nach Nordosten wehen. Es gibt sogenannte hurricane districts in den Küstenstrichen der atlantischen Südstaaten, in denen diese Stürme besonders häufig und heftig auftreten. Sie wehen zwar in kleinen Ausmessungen oft in ganz schmalen Bahnen, aber mit einer solchen Kraft, daß ihre Verwüstungen weit die der tropischen Tornados übertreffen; ihre Wirkungen nehmen manchmal einen explosiven Charakter an. Neuerdings hat man dort sogar begonnen, zum Schutze gegen sie unterirdische Zufluchtsstätten zu erbauen. Wie in allen Wirbelstürmen der gemäßigten Zonen, bis herunter zu den Windhosen, werden sie durch das Zusammenwirken der hohen Erwärmung unterer Luftschichten mit den starken Südwestströmungen in den oberen verursacht. Sie sind daher am häufigsten im Frühling und Sommer. Auch die Bahnen dieser Wirbelstürme ziehen zuerst von Südwesten, dann von Westen und Nordwesten nach Osten und Südosten, gerade wie die Pamperos des La Plata-Landes, die ebenfalls im (südhemisphärischen) Frühling und Sommer am häufigsten sind und in ihrem ganzen Auftreten den nordamerikanischen Wirbelstürmen sehr ähneln, nur daß sie, ihrer Herkunft entsprechend, oft trockene Staubstürme sind. Die kalten Schneestürme, Burân, die bei klarem Himmel Schnee vor sich hertreiben, und die heißen Staubstürme, beide trocken, sind besonders in den waldlosen Gegenden Nord- und Zentralasiens häufig und stark. In Ufa zählt man durchschnittlich ihrer zwölf im Jahr. Da die trockenen Schneestürme, welche die Kirgisen „Burân von unten“ nennen, mit tiefen Kältegraden auftreten (Middendorf hat im Taimyrland einen bei —34° erlebt), bergen sie große Gefahren für die Menschen, die von ihnen auf freier Steppe oder Tundra überrascht werden. Ihre Zeit ist der tiefe Winter zwischen Dezember und Februar. Das ostsibirische Hochdruckgebiet kennt solche Stürme nicht. Die „Burân von oben“, die von Schneefall begleitet sind, treten am häufigsten im Frühling auf und gehen nicht selten in Regen über. Kleine Wirbelwinde, die man nicht mehr als Stürme bezeichnet, wenn auch oft ihre Geschwindigkeit noch beträchtlich ist, sind in allen warmen und trockenen Ländern häufig. Wir sehen sie bei böigem Wetter den Regenschauern voranziehen. Aber ganz anders treten sie in Steppen und Wüsten auf, wo beträchtliche örtliche Erhitzungen der Luft vorkommen; sie gehören dort zu den Bestandteilen der Landschaft. Staub- und sandgeschwängert, fahl von Farbe, wandern sie wie Gespenster, bald fliegend, bald am Boden, bald in der Höhe sich ausbreitend (s. die Abbildung, S. 448); einige sind schmal und schwanken wie riesige Taue in der Luft, andere bilden Kegel, deren Basis dem Grunde aufliegt, andere sind umgekehrte Kegel. Auch in den Ebenen des Westens von Nordamerika sind die Wirbelwinde häufig, deren man oft 20—30 auf einmal sieht; sie heben den Staub

Zugstraßen der Tornados in Nordamerika. Nach E. Deckert. Vgl. Text, S. 449.

gewöhnlich 60—100, oft aber auch 300 m hoch in die Luft. Diese Erscheinungen finden gewöhnlich im heißeren Teil des Tages statt. Häufig genug bleiben diese Staubwirbel nicht harmlos, sondern entwickeln sich zu samumartigen Winden, und dann folgen ihnen Wolkenbrüche und Hagelfälle. In den Andenhochländern gehören hierher die „Remolinos". „Ein fast nie fehlender Zug der mexikanischen Plateaulandschaften im Frühling und Sommer sind die Staubwirbel, welche, bald fortschreitend, bald auch stillestehend, mit großer Gewalt den Staub 100, selbst 150 m und höher emporheben. Nicht selten sieht man zehn, ja zwanzig solcher Remolinos gleichzeitig rasen." (Vom Rath.)

Berg- und Thalwind.

Viele Thäler sind Betten regelmäßiger Luftströme, die pünktlich wie Ebbe und Flut abwechseln. Daher unterscheidet auch schon die Witterungslehre des Volkes Thalwinde und Bergwinde, deren Dauer und regelmäßiger Wechsel die Aufmerksamkeit auf sich ziehen mußten. Gehen wir von einem ganz kleinen Beispiel aus, so finden wir, daß am Achensee in Tirol, der fast gerade nordsüdlich zwischen hohen, steilen West- und Ostufern zieht, die Leute einen Unterschied zwischen zwei Hauptwinden, dem Landwind und dem bayrischen Wind, machen. Der aus Norden kommende bayrische Wind weht mehr am Morgen, der aus Süden kommende Landwind, d. h. der Wind aus dem Land Tirol, am Nachmittag. Wenn die Berge am Morgen in der vollen Sonne stehen, steigt die Luft an ihnen empor, und der Wind weht bergwärts; wenn die Ebene des Thales sich erwärmt hat, weht gegen Abend umgekehrt der Wind thalwärts, denn nun fließt die abgekühlte Luft hinaus. Diese zwischen Thalwind und Bergwind täglich wechselnde Bewegung nennt Supan treffend den Tagmonsun.

Diese wechselnden Winde tragen tausend Namen in der Witterungskunde des Volkes. Im Ötzthal unterscheidet man z. B. den Bergwind als Vintschger (Vintschgauer) vom bayrischen Wind, welcher der Thalwind ist. Es gehört hierher auch der sogenannte Wisperwind, der aus dem bei Lorch von Langenschwalbach her mündenden Wisperthal stromauf und stromab bis Bingen und Bacharach weht. In höheren Gebirgen treten Berg- und Thalwind mit viel stärkeren Eigenschaften auf. So weht in den südlichen Anden bei Tage auf beiden Abhängen ein stürmischer Westwind, der Steine bewegt und die Felsen abschleift; er stellt sich gegen Mittag ein und weht bis gegen Mitternacht. Da er aber nicht bloß thalauswärts weht, möchte er wohl eher ein Teil der allgemeinen südhemisphärischen Westströmung sein, der in den Höhen von 3000 m so weit äquatorwärts reicht und bei Erwärmung des Gebirges herabsinkt.

Zwischen Berg und Thal ist nicht nur der Unterschied der Höhe und der Bodenform, sondern auch des Gebirgs- und Flachlandklimas sowie der Pflanzendecke zu beachten; die vegetationslosen Fels- und Steinmassen der Gebirge und die reichbewachsenen Thäler und Ebenen liegen einander gegenüber fast wie Land und Wasser. Das zeigt sich so recht deutlich, wenn wir das kühle, waldreiche Gebirge des südlichen Chile mit der heißen Pampa Argentiniens vergleichen, deren Gegensatz in den südlichen Anden einen regelmäßigen Westwind hervorruft, der sich im Lauf des Nachmittags zum Orkan steigert. Sein Gegenwind ist der schneidend kalte Ostwind, Puelche genannt, der frühmorgens aus den nächtlicherweile durch Ausstrahlung abgekühlten Ebenen Patagoniens heraufweht. Mit jahreszeitlichen Änderungen der Erwärmung schwankt auch die Stärke und Regelmäßigkeit der Land- und Seewinde, die am schwächsten sind, wenn neben dem ausstrahlenden Land eine abgekühlte oder selbst eisbedeckte Seefläche liegt. Selbst über dem Baikal schwächt die Eisbedeckung die Gewalt der örtlichen Stürme ab.

Thäler haben weniger Luftbewegung als freie Flächen, abgesehen von engen Thalrinnen, in denen die von einer Thalweitung zur anderen strömende Luft stärker empfunden wird. Diese verhältnismäßig große Ruhe kommt besonders ihren Bäumen zu gute, deren kräftigerer und regelmäßigerer Wuchs eine ungestörtere Entwickelung bezeugt. Thäler, die in ein Gebirge nordwärts hineinziehen, so daß sie im Rücken durch die höchsten Teile des Gebirges gegen den

Nordwind geschützt werden, sind ganz besonders begünstigt. Das verstärkt den Eindruck der raschen Klimaänderung beim Herabsteigen von den Alpen nach Süden, denn es ist wesentlich der Thalschutz, der die Temperaturen am Gardasee, Comersee u. s. w. bedeutend höher sein läßt als in der lombardischen Ebene; bei kaltem Wetter ist es dort unter Umständen 5° wärmer als hier.

Gebirge als Windschutz.

Die Gebirge wirken als Reibungswiderstände, die das Abfließen der Luft zu hindern trachten, und zu deren Überwindung stärkere Gradienten notwendig werden. Die Isobaren rücken

Ein Sandsturm in der Sahara. Nach der Natur. Vgl. Text, S. 446.

zusammen, während sie auf reibungsarmen Strecken auseinanderrücken. So wirken schon die Gebirge Mitteldeutschlands zunächst auf den Lauf der Isobaren in der Weise, daß diese nordöstlich vom Harz und vom Thüringer Wald Ausbuchtungen nach Süden zeigen, durch welche die Lage von Teildepressionen angedeutet wird, die im Mittel zu allen Jahreszeiten sich zeigen. Indem die Winde, an den Gebirgen ansteigend, sich ausdehnen, kühlen sie sich ab und lagern ein größeres Maß von Feuchtigkeit ab, als dort, wo sie über ebenen Flächen fortwehen. Darin liegt eine außerordentlich mannigfaltige und folgenreiche Wirksamkeit der Bodenerhebungen. Schon die Gebirge Mitteldeutschlands verleihen ihren in Lee gelegenen Niederungen einen erheblich kontinentaleren Charakter. Dazu kommt der Einfluß auf die Erwärmung. An der Nordseite des Harzes bedingen föhnartige Erscheinungen der herüberwehenden Südwestwinde eine beträchtliche örtliche Erhöhung der Temperatur. Natürlich wirken größere Gebirge in noch viel höherem

Maße auf die Verteilung des Luftdruckes ein; sie hemmen geradezu den Luftab- oder -zufluß und schaffen besondere Klimagebiete „im Windschatten", wozu dann außer der Hemmung des Zu- oder Abflusses auch die Herausbildung starker Fallwinde beiträgt. So hat Nordindien hinter der Mauer des Himalaya keinen eigentlichen Passat oder Monsun. Alle Gebirge im südöstlichen Asien, die sich vor dem Nordostpassat aufbauen, sondern ein regenreiches Gebiet auf ihrer Luvseite von einem regenarmen auf ihrer Leeseite. Einen entgegengesetzten Einfluß übt das nordostasiatische Küstengebirge, das den Abfluß der durch Ausstrahlung erkalteten Luft zum Meere hemmt und so zur Herausbildung der abnormen Kältegrade des sibirischen Kältegebietes beiträgt. Gebirgseinschnitte werden dadurch zu wichtigen Thoren der Luftströmungen. So dringen durch das „Goldene Thor", jene Lücke des Küstengebirges, in der San Francisco liegt, kühle Seewinde in das heiße Innere ein, um so stürmischer, je größer die Hitze ist; weiter im Süden hält dagegen das Küstengebirge die Seewinde so entschieden ab, daß hinter ihm die trockensten und heißesten Gegenden von Südkalifornien liegen.

Land- und Seewind.

Überall legt sich vor die Küste eine Zone örtlicher Wechselströmungen zwischen Land und Meer, welche die regelmäßigen Winde und selbst die großen Stürme unterbrechen. Ihr Wechsel ist nicht ganz gleich. Seewinde entstehen leichter als Landwinde, da das Land von veränderlicherer Temperatur ist. Seewinde wachsen im Laufe ihres täglichen Wehens mit der Erwärmung und zwar im allgemeinen um so stärker, je wärmer das Land wird, „je heißer das Innere, desto kühler die Küste", sagt man in Senegambien. Wo sie sehr regelmäßig wehen, wachsen sie auch in der Folge der Tage, wobei ihr Ursprung sich immer weiter in das Meer hinaus verlegt. Seewinde bilden sich nicht, wo das Land mit ansteigendem Gelände an die Wasserfläche tritt. Wohl aber kommen Landwinde überall zu stande und wirken, nächtlicherweise vom abgekühlten Lande hinauswehend, mildernd auf die Luftströmungen, die auf das Land gerichtet sind.

Schon Leopold von Buch schrieb von der Westküste Norwegens, es möge wohl „der Landwind sein, der an allen Küsten der Welt in den Sommernächten vom kälteren Lande gegen das wärmere Meer strömt, und der hier notwendig den Südsturm schwächen, vermindern oder wohl gar aufheben muß. Überall auf der Küste erwartet man bei solchen Stürmen Ruhe am Abend und für mehrere Stunden der Nacht, und man betrügt sich darin selten." Und Dutton schildert den tropischen Seewind des auf der Passatleeseite gelegenen Konagebietes in Hawaï: „Morgens ist der Himmel klar, die Sonne scheint hell, und es herrscht vollkommene Ruhe in der Luft. Gegen 10 Uhr setzt die Seebrise ein und beginnt die Berge hinaufzuwehen, rasch sammeln sich Wolken, und nach Mittag beginnt Regen, der bis in den Abend währt. Um 9 oder 10 Uhr abends legt sich der Seewind allmählich, und bald darauf beginnt der Landwind. Die Bewölkung verschwindet, die Sterne scheinen, und die Nacht bleibt klar, bis der Seewind den nächsten Morgen wieder einsetzt."

Weite Gebiete der Erde stehen unter dem Einfluß solcher wechselnden Winde, die in ihrer Verbreitung allgemeinere Gesetze erkennen lassen. Überall, wo das Meer durch Strömungen oder Auftriebwasser abgekühlt vor dem Lande liegt, sind die Seewinde stark. Auf der südlichen Halbkugel ist dies an westlichen Küsten der Fall, wo noch regelmäßige Südwestwinde den Seewind verstärken. Die chilenischen Küsten haben ungemein regelmäßige und an manchen Orten sehr kräftige Seewinde bei Tage, die nachts von einem leichten Landwind, Terral, oder von einer Windstille unterbrochen werden. Maury bezeichnet diese Seewinde als die stärksten; er sagt von Valparaiso: Hier weht im Sommer regelmäßig jeden Nachmittag die Seebrise mit wütender Kraft, Steine werden aufgehoben und fortgetrieben, die Menschen suchen Schutz, die

Plätze sind leer, aller Verkehr zwischen den Schiffen im Hafen und der Küste ist abgeschnitten. Die Windstille tritt nach solchem Sturm fast plötzlich ein. In den Passat- und Monsungebieten füllt das Spiel der Land- und Seewinde die Zeit des Überganges zwischen den Jahreszeiten aus, in denen diese großen Luftströmungen herrschen. So treten sie an den Küsten Bengalens auf, wenn der Passat Ende Januar aufhört, und werden dann immer stärker, kommen von immer entlegeneren Teilen des Meerbusens. In Neukaledonien lösen den Südostpassat regelmäßige Land- und Seebrisen ab, die unter Gewitterschauern miteinander wechseln. Wo kühles Wasser vor einer Küste liegt, tragen die Seewinde nicht bloß kühle Luft ins Land, sondern machen den Küstenstrich trocken, da ihre Abkühlung die landeinwärts getragene Feuchtigkeit vermindert. Das geschieht in großem Maße an den subtropischen Westküsten Afrikas und Südamerikas; in kleinem vielleicht auch an einzelnen tropischen Küsten, deren Regenarmut sonst schwer erklärlich wäre, wie z. B. an der Goldküste.

Auch die kleinen Wasserflächen der Seen und Flüsse zeigen den Wechsel von Land- und Seewind (vgl. den Abschnitt „Berg- und Thalwind", S. 447). Auf den Seen am Südrande der Alpen löst den morgendlichen Bergwind, vento, der nachmittägliche und abendliche Seewind, ora, regelmäßig ab. Auf gewissen Strecken des Rheines werden die bei hellem Wetter von Abend bis gegen Morgen 10 Uhr wehenden Thalwinde von größerer Bedeutung für die Schiffahrt, da sie unabhängig von den allgemeinen Luftströmungen sind.

Die regelmäßigen Land- und Seewinde gehörten einst zu den sichersten Beweisen der Fürsorge des Schöpfers. In diesem Sinne schildert noch Kant den Seewind der westindischen Inseln, der sich erhebt, „sobald die Sonne so hoch gekommen ist, daß sie die empfindlichste Hitze auf das Erdreich wirft", am heftigsten nach Mittag ist, wo die Hitze den höchsten Grad erreicht, und gegen Abend nachläßt, wo dann „eben die Stille als beim Aufgange herrschet. Ohne diese erwünschte Einrichtung würden diese Inseln unbewohnbar sein". Zwar weiß Kant sehr wohl, daß diese Wechselwinde aus den natürlichen Eigenschaften des Erdballs entstehen; aber gerade in ihrer Gesetzmäßigkeit sieht er die Hand Gottes.

Absteigende Luftströmung und Temperaturumkehr.

Daß in der Luft wärmere Schichten über kühleren liegen, sehen wir in engem Rahmen, wenn die oberen Zweige eines Baumes von dem Froste verschont werden, der die unteren mit Rauhreif bedeckt, oder wenn in heiteren, windstillen Nächten die Luft 6 m über dem Boden 2° wärmer ist als am Boden, oder wenn endlich der Schnee eine Temperatur mitbringt, die höher ist als die der Luft, in die er fällt; es tritt uns auch in den großen, überraschenden Temperaturabständen zwischen warmen Berggipfeln und kalten Thalstationen entgegen. Klagenfurt hat ein mittleres Temperaturminimum von —21,7°, Hüttenberg von —14,8°, wobei Klagenfurt im Thal bei 440 m, Hüttenberg am Thalhang bei 780 m liegt. Bevers im Engadin hat mit 1715 m fast die Höhe des Rigi (1785 m); Bevers hat eine mittlere Januartemperatur von —10,4°, der Rigi von —5,1°. Während der starken Kälte vom 25. Januar bis 3. Februar 1876 stand das Thermometer in den tieferen Thälern der Ostalpen oft bei —20°, während es auf Gipfeln von 1600—2000 m **über** 0° stand. Selbst in Hochthälern war die Temperatur sogar niedriger als in Ungarn und Galizien, während Gipfel und Abhänge derselben Höhe wärmer waren. Damals wurden gleichzeitig —12° in Salzburg und +1,8° auf dem Schafberg (1755 m) beobachtet, der 1325 m höher als Salzburg liegt. Daß auch in unseren Mittelgebirgen diese „Umkehr" vorkommt, zeigte die Frostperiode des Januars 1885, wo die Tagesmittel auf dem Inselsberg (905 m) bis zu 19° über denjenigen Erfurts (195 m) lagen. Man maß damals am 20. Januar morgens 8 Uhr hier —22,2°, während dort —3,1° abgelesen wurden.

Diese Wärmeumkehr tritt bei uns im Winter ein, wo Perioden sehr ruhigen Wetters bei hohem Barometerstand, also großem Luftdruck, oft Wochen andauern. Sie ist aber durchaus nicht an eine Jahreszeit gebunden. Ihre Ursache liegt tiefer, nämlich in der Umsetzung von Bewegung in Wärme, die zu jeder Zeit eintreten kann, wenn hoher Luftdruck an einer Stelle die Luft nach allen Seiten hin abfließen macht und Luft von oben her nachfließen muß. Diese Luft, beim Niedersteigen sich erwärmend und wegen ihrer Armut an Wasserdampf mit einer großen Aufnahmefähigkeit für Wasser ausgestattet, bedingt das warme, trockene Wetter bei wolkenlosem Himmel, kurz jene wundervollen sonnigen Wintertage, auf deren häufige Wiederkehr die Besucher der winterlichen Kurorte wie Davos ihre Hoffnungen gründen. Bei geringem Luftwechsel bleiben dabei die in den Thälern liegenden Luftmassen dem abkühlenden und nebelbildenden Einfluß der Erde ausgesetzt, die meist schneebedeckt ist. Daher dann der überraschende Gegensatz nicht bloß der Temperatur, sondern auch des Anblicks des Himmels, über den wir oben, S. 410, gesprochen haben. Die andere Art von Wärmeumkehr kommt in beschränkterem Maße auch durch die einfache Übereinanderlagerung von Luftströmen zu stande, die aus verschiedenen Richtungen mit verschiedener Wärme wehen. Bei Ballonfahrten ist z. B. über einem Südostwind von -6° ein Südwind von $+6^{\circ}$ nachgewiesen worden.

Warme Fallwinde. Föhn.

Winde, die sich beim Herüberwehen über hohe Gebirgsmauern und beim Hinabsteigen in enge Thäler durch die Zusammendrückung der Luft erwärmen, nennt man Föhn mit einem Namen, der in der Schweiz üblich ist, wo sie besonders in den Thälern der Reuß und des Rheines als warme und trockene Winde bekannt sind, deren Heftigkeit sich bis zum Orkanartigen steigern kann. Aber sie wehen ebenso das obere Illthal und Innthal, den Brenner, das Salzachthal herab. Indem sie besonders im Herbst und Winter öfters wiederkehren, beeinflussen sie merklich die mittlere Jahrestemperatur. Zürich und Altdorf (im Reußthal) liegen bei 470 und 454 m Meereshöhe, jenes hat eine mittlere Jahrestemperatur von $8{,}7^{\circ}$, dieses, mit 40 Föhntagen, von $9{,}5^{\circ}$. Ein besonderer Witterungszustand, das Föhnwetter, erscheint an den Föhntagen: das Barometer fällt rasch, der Himmel wird klar, tiefblau, die Luft überraschend durchsichtig. An den Bergen erscheinen und verschwinden leichte Wolken (Nebel), die sich endlich ganz auflösen, wenn der Föhn in die Tiefe gesunken ist, wo er nun als Orkan aus den engeren Thälern hervorbricht und nicht selten mehrere Tage als erschlaffender Wind weht, dessen Erwärmung sich der Luft weit über den Gebirgsrand hinaus mitteilt. Auch der Südfuß der Alpen hat seinen Föhn, „Nordföhn“, wenn das Barometer dort beträchtlich tiefer steht als am Nordabhang. Nach Hermannstadt weht ein Föhn aus dem Thale der Alt. Der Kaukasus entsendet Föhne nach Kutais aus Ostnordost, ins Kurthal aus Südwest. In Nordwestamerika wehen aus dem Felsengebirge nach Osten hinaus die föhnartigen „Tschinukwinde“, die den Namen Schneefresser führen. So stürzen aus den südchilenischen Bergen des Puyehuesees warme Winde, welche die Wellen hoch aufregen. Die Küste von Südwestafrika hat ihren Föhn nicht minder als die des Zululandes, wo föhnartige Morgenwinde aus Nordwesten die regelmäßigen Passatwinde zeitweilig zurückdrängen. Aus den neuseeländischen Alpen steigen warme Winde herab, schmelzen unten den Schnee, nachdem sie oben selbst Niederschläge abgelagert haben. In Nyschne-Kolymsk wehen oft mitten im Winter Ostsüdostwinde aus dem Thal des Aniuj, die eine plötzliche Erhöhung der Temperatur von -44° auf $+2^{\circ}$ hervorbringen, in der Regel aber nicht länger als 24 Stunden andauern. Am auffallendsten sind aber die warmen Winde in den Fjorden

Westgrönlands. Schon Kane beobachtete im Rensellaer Hafen im Januar 1855 ein Steigen der Wärme innerhalb weniger Stunden um 15°, und Hoffmeyer berichtet von einem grönländischen Föhn Ende November und Anfang Dezember 1875, wo die Temperatur 9 Tage lang in Jakobshavn höher war als in Norditalien. Gerade wie in den Alpen kommt dieser Föhn warm und trocken in der Höhe an und steigt allmählich herab, wobei er Schnee schmelzt und verdunstet. In Baffinsland hat Boas warme Fallwinde beobachtet, die vom Hochland in den Cumberlandsund hinabwehen, wo sie besonders im Winter ein auffälliges Steigen der Temperatur bewirken.

Es gab eine Zeit, wo man diese warmen und trockenen Winde nicht anders als durch Abstammung aus der Wüste erklären zu können meinte. Die Föhne der Alpen leitete man aus der Sahara ab, und beim neuseeländischen Föhn dachte Haast zuerst an die inneraustralische Wüste. Daran wurden weitschweifende Gedanken über die Verursachung der europäischen Eiszeit durch Unterwassersetzung der Sahara, der Wärmequelle Europas, geknüpft. Wir wissen jetzt, daß die Wärme und Trockenheit des Föhn durch Umsetzung mechanischer Arbeit in Wärme entsteht. Eine nahende Depression aus Nordwesten macht am Nordfuß der Alpen das Barometer fallen, während es am Südfuß höher bleibt, die Luft wird aus den nördlichen Thälern gleichsam ausgepumpt, und zum Ersatz strömt Luft vom Südabhang herüber. Ansteigend muß diese Luft sich abkühlen, daher Niederschläge am Südabhang und die bekannten föhnverkündenden Wolken oder Wolkenfahnen der Gipfel, die herüberzuquellen scheinen. Auch in Grönland liegt bei Föhn ein Tiefdruckgebiet auf der Westseite, sei es an der Küste oder in Labrador, einem Hochdruckgebiet auf der Ostseite gegenüber; man hat Luftdruckunterschiede von 30 mm zwischen beiden gemessen.

Wie man sieht, ist die in absteigenden Luftströmen freiwerdende Wärme sowohl in der Wärmeumkehr als in eigentlichen Fallwinden von nicht geringer klimatischer Bedeutung. So rasche Übergänge aus rauhen Gebirgen in milde Thäler und Tiefländer, wie wir sie in den Alpen, in der Sierra Nevada Kaliforniens, in Südchile, beim Abstieg aus der Mongolei nach Kalgang und in so vielen anderen Teilen der Erde finden, sind durch diese Wärme beeinflußt. Nicht bloß dem Rückgang des Schnees kommt die Erwärmung der Hochgebiete der Gebirge durch Wärmeumkehr und Föhn zu gute, sie wirkt durch Beschleunigung der Schmelzung auch auf die raschere Verfirnung des Schnees und damit auf das Wachstum der Gletscher ein.

Kalte Land- und Fallwinde.

Nirgends fehlen heftige Fallwinde, wo das Land steil zum Meere oder zu einer Ebene herabsinkt und infolgedessen ein Gebiet der Abkühlung hart über einem der Erwärmung liegt. In Mulden und Thalhintergründen sammelt sich die schwere kalte Luft bis zum Überfließen an, und der Strahl ihres Überrinnens ist die Bora in der Adria, der Mistral im Golfe du Lion, sind ähnliche Winde am Gebirgsrand des Schwarzen Meeres, die Puelches im südlichen Chile, die Papagayos und Tehuantepekeños auf der pacifischen Seite Südmexikos und Guatemalas und viele andere stürmische Winde von kurzer Dauer. Ein afrikanisches Beispiel eines starken Fallwindes vom Hochland zum Tiefland bieten uns die vom Leikipiahochland der Masaisteppe besonders zur Nacht mit Orkangewalt in die tiefen Grabensenkungen herabstürzenden Stürme; es sind zwar zur Hälfte Bergwinde, denen bei Tag Thalwinde entsprechen dürften, aber in ihrem stürmischen Auftreten gleichen sie der Bora. Die Nordwinde, die im Ägäischen Meere stark, wenn auch von Stillen unterbrochen, tage- und stundenweise wehen, gehen an steilen Südküsten der Inseln in heftige Fallwinde über. Wo der Weg des Falles nur kurz ist und örtliche Bedingungen die Abkühlung der Luft begünstigen, kommt die den Fallwinden eigene Wärme nicht zur Geltung. Besonders wenn sie von schneebedeckten Höhen herabstürzen, bringen sie eine plötzliche starke Abkühlung hervor, die bei der Bora und dem Mistral 10—15° betragen kann. Sehr lehrreich ist die Schilderung der kalten Ostwinde der südchilenischen Anden

bei Pöppig, die im September, also im Frühling, das Thermometer plötzlich um 8—10° sinken, im Sommer aber dasselbe noch in Antuco auf 25° steigen machen; diesen Unterschied schreibt Pöppig nur dem Wechsel der Schneedecke zu.

Alle diese Winde fließen nicht wie ein Strom, sondern fallen wie ein Wasserfall, nämlich stoßweise; das sind die berüchtigten „Refolli“ der Bora, die nach einem vorübergehenden Abflauen der Windstärke plötzlich wieder losbrechen. Treffend vergleicht Drygalski die aufs Meer herabstürzenden Fallwinde Westgrönlands mit dem Kalben der Gletscher. Haben diese kalten Fallwinde nicht die Wärme des Föhns, so haben sie doch seine Trockenheit. Auch bei ihrem Wehen ist im Anfang der Himmel oft herrlich klar und blau, und der Sonnenschein will gar nicht zu dem eisigkalten Wind passen, der da herabstürzt. Nur über den Höhen, von denen der Wind herweht, sieht man einen schmalen, langen Wolkensaum, der, wenn er über dem Karst aufsteigt, in Triest und Fiume als sicheres Zeichen der nahenden Bora gilt. Aber mit der Zeit trübt sich der Himmel, wird endlich einförmig grau, und Regen setzt ein, wenn der Luftstrom ebbt.

Die Bora des Adriatischen Meeres ist ein echter Fallwind, der aus Nordnordost bis Ostnordost immer zu der Zeit weht, wo in der südlichen Adria das Barometer fällt oder in Mitteleuropa steigt. Dann stürzen die kalten Luftmassen vom Karst über die Steilküsten Istriens und Dalmatiens auf das Meer und unterbrechen zeitweilig allen Seeverkehr im nördlichen Teil des Adriatischen Meeres. „Wenn die Bora saust, läuten die Glocken der schwankenden Campanili von selbst, die Menschen gehen auf Händen und Füßen, um nicht umgeworfen zu werden, die Fuhrleute spannen ihre Pferde aus und lassen flüchtend das Fuhrwerk stehen.“ (Heinrich Noé.) Die Bora weht am häufigsten und stärksten im Winter und Frühjahr. Von der Breite von Lesina an südwärts verliert sie an Kraft. Der Mistral ist ein rauher Nord- und Nordwestwind, der besonders stark im unteren Rhonethal weht, manchmal aber von Barcelona bis Genua sich über das ganze nordwestliche Mittelmeer ausbreitet. Kalt, trocken, bei blauem Himmel und Sonnenschein in heftigen Stößen wehend, ist der Mistral nicht weniger gefürchtet als die Bora. Selbst die mechanischen Effekte des Mistral können verderblich sein. Die Zerstörung von Hütten, das Abwerfen von Eisenbahnwagen von den Schienen, das Abstürzen von Felsen schreibt man ihm zu; vor allem aber ist er durch die Erschwerung der Schiffahrt gefürchtet. Die Baumarmut der Provence ist zum Teil ihm zuzuschreiben, doch hat auch die Entwaldung ihn begünstigt. Verspätet hat man um Gärten und Felder die Zypressen gepflanzt, an denen er sich brechen soll; der Nutzen dieser langen, lockeren Baumreihen ist nicht groß; die Neigung ihrer Gipfel nach Süden zeigt aber die Hauptrichtung der Stürme an. Marseille hat jährlich 175 Mistraltage!

Bora und Mistral haben beide die gleichen Ursachen. Ein hoher Barometerstand über dem Lande, das sowohl vom Adriatischen als vom Tyrrhenischen Meere an stark und zwar nach Norden ansteigt, liegt sehr häufig einem niederen Stande auf dem Meere gegenüber. Im Winter verstärkt ein großer Temperaturgegensatz zwischen dem kalten, oft tief mit Schnee bedeckten Lande und dem warmen Meere diesen Unterschied des Luftdruckes. Liegt doch im Hintergrund der Adria ein mittleres Januarminimum von —17° über einem von —2° (Lusinpicolo). Dazu kommt nun noch im unteren Rhonethal die dürre, leicht sich erwärmende, mit fast weißem Kalkgeröll bedeckte Ebene der Crau. Der Mistral zeigt den Zusammenhang mit der Erwärmung dieser hellen Steinwüste darin, daß er oft mit steigender Sonne zunimmt, um bei Nacht wieder einzulullen; er erinnert darin an die gewöhnlichen Landwinde, die nicht bloß an den Meeresküsten, sondern auch auf Binnenseen wehen, und von denen wir oben, S. 447, gesprochen haben.

Die Passatwinde.

Die von den Polen äquatorwärts strömende Luft, die auf der Nordhalbkugel aus Nordosten, auf der Südhalbkugel aus Südosten kommt, trägt den Namen Passat.[1] Der Passat

[1] Französisch vents alizés, nach Littré vom altfranzösischen alis, glatt, spanisch vientos alizios. Tradewind der Engländer übersetzt von Bezold „Handelswind“, was aber ganz unrichtig ist, da Trade in dieser Anwendung seinen alten Sinn Spur, Pfad, Richtung bewahrt hat und ganz treffend Wind eines Weges, einer Richtung besagt.

tritt nördlich und südlich von dem Kalmengürtel auf und reicht durchschnittlich bis 35° nördl. Breite und südl. Breite. Er ist auf dem Meere reiner ausgebildet als auf dem Lande, ist aber auch auf diesem in manchen Gegenden der unbedingt herrschende Wind. Die einförmige Meeresfläche begünstigt im allgemeinen das Wehen regelmäßiger Winde. Das ist ja eine tellurische Erscheinung, daß das Übergewicht der Meeresfläche alle regelmäßigen Luftströmungen überhaupt sich breiter entfalten läßt. Besonders werden wir in den Grenzgebieten der Passatzone diese Begünstigung durch das Meer wirksam finden. Doch wäre es falsch, im Passat eine einförmig immer in derselben Richtung wehende Luftmasse zu sehen. Nicht bloß wandern die Passate mit der Sonne, sondern schon Lapérouse hat nachgewiesen, daß ihre Ununterbrochenheit eine unbegründete Voraussetzung ist. Auf dem Lande kommt es nicht selten vor, daß durch örtliche Einflüsse der Passat jahreszeitenweise ganz verdrängt wird; besonders geschieht das dort, wo durch die Nachbarlage von großen Land- und Wassermassen der Unterschied von See- und Landwind sich stärker herausbildet.

Der im Atlantischen Ozean so deutlich ausgesprochene Nordostpassat kommt schon in Westindien und Mittelamerika nicht mehr so klar zur Erscheinung. Auch von Florida einwärts wandernd, verläßt man bald das Passatgebiet und betritt Gebiete südwestlicher, vom Golf her wehender Winde, die langsam zu den nach dem Golf von Mexiko hinabfließenden Nordwest- und Nordwinden überführen. Am reinsten zeigt sich der Passat über dem Tief- und Hügelland des nördlichen Südamerika, wo er besonders in dem breiten Thal des Amazonenstromes sich ergießt. Wichtig ist das Auftreten des Passats in Grenzgebieten, wo er nur noch einen Teil des Jahres weht, in der Regel beim Höchststand der Sonne, also im Sommer. Er wird dort der Bringer regelmäßiger Winde, mit denen Trockenheit, klarer Himmel und Abkühlung der Sommerhitze einkehren; man sehnt ihn, ähnlich wie den Monsun, als Förderer des Schiffsverkehrs herbei. So kennt man in Palästina und Nordarabien den sommerlichen Nord- und Nordwestwind und über dem Mittelmeer die sommerlichen Nordwinde, welche die Alten Etesien nannten; die Neugriechen legen ihnen den Namen Meltemia bei.

Man bezeichnet gewöhnlich als Entstehungsgebiet der Passatwinde die Gürtel hohen Druckes zwischen dem 30. und 40. Parallelgrad. Indessen zeigt schon das Wandern dieser Gürtel mit der Sonne nach Süden und Norden, daß die Ursache tiefer liegt: wir werden auf die äquatoriale Region verwiesen mit ihrem Überschuß von Erwärmung, die jenes Nord- und Südgefälle vom äquatorialen „Luftgebirge" her bewirkt, das wir oben, S. 439, kennen gelernt haben; in dieses greift dann die ebenfalls bereits oben, S. 441, betrachtete Ablenkung durch die Erdumdrehung ein, die mit der Entfernung vom Äquator zunimmt. Die Besteigung eines Berges in den Tropen bringt uns die überraschende Erfahrung, daß der Passatwind nicht viel über 1500—2000 m hoch ist, während seine horizontale Verbreitung und oft auch die Kraft seines Wehens so gewaltig groß ist. Im Himalaya wehen überall Südwinde in den Höhen, schon in Dardschiling (bei 2100 m) herrschen sie im Winter. Wenn wir in Hawaï den Mauna Loa besteigen, läßt der Passat von 2500 m an nach, wie stark und stetig er auch unten wehen mag, und über 4000 m weht der Antipassat. Von unten sieht man die schweren grauen Regenwolken von Nordosten heranziehen und darüber die feinen weißen Cirruswölkchen fast in entgegengesetzter Richtung; es ist ein großer Gegensatz zwischen den grauen Passatwolken, die feucht und schwer über dem Haupte des Beobachters hängen, und dem scharf gegen die klare Luft abschneidenden weißen, leichtwelligen Meere dieser Wolken, von oben gesehen. Auf dem Gipfel des Pik von Tenerife herrscht auch im Sommer ein beständiger Westwind, während unten der

Passat weht. Wolkenzug in den niederen Schichten aus Nordosten, in den höheren aus Südwesten ist in der Zone zwischen 20 und 40° nördl. Breite überhaupt häufig zu beobachten. So konnte es kommen, daß vulkanische Asche in der Höhe gerade entgegen der Richtung des Windes in den tieferen Luftschichten vertragen wurde; so kam sie 1815 von Temboro auf Sumbawa nach dem 1900 km östlicher gelegenen Amboina. In großer Nähe des Äquators ist es anders. Daß hier der Passatstrom höher anschwillt, lehren die Erfahrungen auf dem Gipfel des Kamerunberges, der, obwohl er 4000 m hoch ist, noch gelegentlich vom Passat überweht wird. Und daß der Krakatoastaub von 1883 (s. Bd. I, S. 72 u. 119) seinen Weg um die Erde westwärts in einem Gürtel in der Nähe des Äquators in vier Tagen machte und in die mittleren Breiten erst 3—4 Monate später gelangte, ist ein Beweis für die Vereinigung der Passate zu einer oberen Oſtströmung.

Die Trockenheit der Passatwinde darf natürlich nicht als eine Folge ihres Hinwehens über trockene Länder aufgefaßt werden, wie Dove schon hervorgehoben hat. Die wüstenbildende Trockenheit der Passatluft hat ihren Grund in der Abnahme der Feuchtigkeit in der Richtung auf die Pole, woher die Passate kommen, in der Verdunstung durch ihr stetiges Wehen, welche Austrocknung des Bodens und der Pflanzen bewirkt, und in ihrer eigenen Ausbreitung. Unter allen Teilen der Erde ist Afrika am geeignetsten, um die Natur der Passatwinde kennen zu lernen, denn keiner steht dermaßen unter ihrer Herrschaft. Afrika zeigt nicht eine einfache Anwendung der Gesetze der Passate, sondern eine Verstärkung: es liegt am breitesten in der Passatzone, kein Gebirgswall hemmt das Einströmen der dem Äquator zudrängenden Luftmasse, und gerade die Mitte Afrikas wird vom Äquator geschnitten. Zwar wehen die Passate, durch Reibung gehemmt, ungleichmäßiger und werden im Sommer durch lokale aufsteigende Ströme und Monsune unterbrochen, auch durch die von Süden kommenden Luftmassen verdrängt, die mit dem Wandern der Sonne nach Norden in die aufgelockerte Atmosphäre einbrechen. Aber Nord- und Nordnordostwinde herrschen an der Nordwestküste Afrikas mindestens acht Monate unbedingt vor, nur der Winter bringt dort veränderliche Winde. Zwischen Senegal und Niger nennt man den heftigen, morgens kühlen, dann sich erwärmenden Wind, der roten Staub führt und regelmäßig zwischen November und März, in Gambia von Dezember bis April weht, Harmattan. Nachtigal erkannte im Gebirge von Tibesti an dem Zug der Wolken nach Westen das Wehen des Passats in der Höhe, wenn auch in den tieferen Regionen örtliche Windrichtungen vorwalteten; unten stiegen und sanken Thalwinde mit der Sonne, oben flogen die Wolken von Osten her, und nur die höchsten Gipfel lenkten einige von ihrem Westweg nördlich oder südlich ab. Über Südafrika herrscht im Sommer der Südostpassat, den nur auf der Ostküste ein Monsun ersetzt, der nach dem erhitzten Festland aus Nordosten weht.

Die Entwickelung der polaren Luftströmungen auf der Südhalbkugel, also der Südostpassate, gibt ein viel einheitlicheres Bild als auf der Nordhalbkugel. Sie nehmen auf den Meeren im allgemeinen einen Gürtel von 25 bis 28 Graden zwischen 3° nördl. Breite und 25° südl. Breite ein, auf den ozeanischen Inseln des südlichen Subtropengebietes wehen sie fast ohne Unterbrechung, auf den Kokosinseln 300 Tage des Jahres. Auf dem Lande bezeichnet die Polargrenze vor der Westküste Südamerikas der Norden von Chiloë; ungefähr bis zur selben Breite von etwa 40° geht er im Südsommer südlich von Afrika, ganz Südafrika ist von ihm überweht, und in Australien weht er im Sommer noch in Victoria, entsprechend den Etesien unseres Mittelmeeres. Die Passate wandern auch hier nicht bloß mit der Sonne polwärts, sie nehmen auch an Stärke im Südwinter zu. Als Trockenheit und heiteres Wetter

bringende Winde treten sie auf dieser ozeanischen Halbkugel entschieden hervor. In Südafrika weht der trockene, kühle Südostpassat so stark, daß im Kapland alle Gärten, die ungeschützt liegen, mit dichten Hecken umgeben und die Bäume alle nach Norden gebogen sind. Aber das Innere ist hier nicht so überweht wie die Sahara. Auf den Inseln Ozeaniens unterbrechen starke nächtliche Landwinde die besonders im Südwinter heftig wehenden Südostwinde.

Die Erkenntnis der Passatwinde ist eine der großen Errungenschaften des Zeitalters der Entdeckungen. Die Alten hatten die Monsune, die „Winde des Hippalos" und die schwachen Jahreszeitenwinde des Mittelmeeres gekannt, Kolumbus war der erste, der mit den Passatwinden den Atlantischen Ozean kreuzte. Kolumbus, der am 3. August 1492 mit seinen kleinen Schiffen Palos verlassen und einige Wochen vor Gomera verweilt hatte, segelte vom 6. September bis zum 12. Oktober, wo der Ruf „Land" erscholl, mit östlichen Winden. Sein Geschwader war bis zum 19. September auf der Höhe der Kanarien geblieben, dann nach Nordosten gegangen und hatte zuletzt den Kurs nach Westsüdwesten genommen. Kolumbus hatte auf dieser Fahrt von 36 Tagen nur einmal die Zone des seinen Fortschritten nach Westen günstigen Nordostpassates verlassen. Auf der zweiten Reise nach Westindien führte ihn ein südlicherer Weg in die Kalmenregion, und er verlor Zeit, während er auf der dritten die Fahrt von Ferro nach Dominica in 20 Tagen machte. Noch heute folgen die von Cadiz nach Kuba fahrenden Schiffe wesentlich seinem Kurs.

Die Monsune.

Regelmäßige Land- und Seewinde sind in den warmen Zonen der Erde eine mächtige Erscheinung, die in weiten Gebieten den Gang des Wetters allein bestimmt. Es folgt aus der eigentümlichen Wärmeverteilung in den Tropen und Subtropen, daß der Wärmeunterschied zwischen Land und Wasser besonders groß wird. Durch Monate fortgesetzte überwiegende Einstrahlung werden riesige Wärmesummen auf dem Land angehäuft, denen viel schwächere auf dem Meere gegenüberstehen. In höheren Breiten können Wärmeunterschiede zu einer ähnlichen Entfaltung wegen der Veränderlichkeit der Erwärmung nie gelangen, hier gibt es nur örtlich beschränkte Anläufe. Man kann im allgemeinen sagen: wo der Winter fehlt, bestimmt der Gang der regelmäßigen Winde die Jahreszeiten. Das kann man auch so aussprechen: an die Stelle des Gegensatzes von Äquator und Pol tritt im Gang der Witterung der Gegensatz von Land und Wasser, Erdteil und Meer, und die Träger des klimatischen Ausgleiches werden mächtige Land- und Seewinde, die Monsune[1].

Das große klassische Monsungebiet der Erde ist der Indische Ozean, nördlich vom Äquator, wo von den Randländern unter der Herrschaft der Monsune stehen: das äquatoriale Ostafrika, Südarabien, beide Indien, Südostasien und die nordäquatorialen Inseln des Stillen Ozeans bis 140° östl. Länge. Warum ist nun der Indische Ozean der Schauplatz der mächtigsten Monsunströme? Man sehe, wie er zwischen Afrika, Asien und Australien als mächtige Bucht einspringt; gerade die größten Landausbreitungen dieser Erdteile streben nach Westen, Norden und Osten von ihm weg: trockene, steppenhafte, bis zur Wüstenbildung sich steigernde echte

[1] Das Wort Monsun kommt von dem arabischen Mansim, Jahreszeit; die Franzosen haben aus Monsun Mousson gemacht. In der arabischen Verwendung hat es einen beschränkten Sinn; die Araber sprechen von dem Monsun von Aden, von Guzerat, Malabar. — In Indien verstehen die Eingeborenen unter Monsun zunächst nur den stärkeren und als Feuchtigkeitsbringer wichtigeren, heilsameren unter den dort regelmäßig wehenden Winden, den Südwestmonsun. Mit der Zeit ist der Name auch dem Gegenwind beigelegt worden, der, aus Nordosten wehend, zu den Passaten gehört. In der Klimatologie hat man den Namen den verschiedensten größeren, warmen und feuchten Luftströmungen beigelegt, die vom Meere jahreszeitlich regelmäßig nach einem Tiefdruckgebiet des Landes fließen.

Kontinentalnatur, und dazwischen das eben wegen seiner Abgeschlossenheit im Nordteil stark erwärmte Indische Meer. Nirgends auf der Erde sind extreme kontinentale Merkmale um einen einzigen Ozean so zusammengedrängt wie hier. Daher die Herrschaft der Monsune von Sansibar bis Neuguinea, von Brisbane bis Tokio, und südwärts in schwächerem Maße dann bis zur Grenze der Passatwinde aus Südosten. Im allgemeinen kann der 1. Grad nördl. Breite als die Südgrenze dieses größten Monsungebietes im Indischen Ozean bezeichnet werden.

Die Monsune dürfen aber nicht als eine besondere Eigentümlichkeit des Indischen Ozeans aufgefaßt werden, wie sie den Griechen erschienen, die ihnen ja sogar einen Personennamen, den des ägyptischen Steuermanns Hippalos, beilegten, welcher Griechen zuerst mit dem Nordmonsun nach Indien führte. Monsune treten überall auf, wo Land und Meer einander in breiterer Erstreckung gegenüberliegen, so daß beträchtliche Luftdruckunterschiede entstehen können, in deren Gefolge dauernde Luftströmungen vom Meer aufs Land entstehen, die über dem Land aufsteigen und sich abkühlend Regen bringen. Man spricht sogar von einem besonderen Nordostmonsun von Borneo, das zur Zeit des höchsten Sonnenstandes wie ein kleiner Kontinent mit niedrigem Barometerstand örtliche Luftströme hervorruft. Sie sind nur schwächer bei schwächeren Unterschieden des Luftdruckes und können in mächtigere Luftströmungen aufgenommen werden. Ähnlich treten Luftströmungen von geringerer Kraft dort hervor, wo die Monsune beim Übergang der einen in die andere Richtung aussetzen; in diesen Zeiten gehen in Japan wie im äquatorialen Ostafrika die täglich wechselnden Land- und Seewinde gleichsam aus dem Monsun hervor und erlangen die Herrschaft für kurze Zeit.

In das System der Seewinde fügen sich die Passate, besonders auf der Nordhalbkugel, so organisch ein, daß die beiden miteinander wechseln wie die Schwingungen eines Pendels zu beiden Seiten des Schwerpunktes. Was man Nordostmonsun nennt, ist in Wirklichkeit der Passat, der zur Winterzeit über Südasien hinweht, abgeschwächt in Indien durch die Gebirgsmauer des Himalaya und zum Teil vertreten durch einen in Nordwestindien entstehenden, mehr örtlichen Wind, stärker wehend in Hinterindien und in Südchina, im allgemeinen trocken, aber auch Regenbringer, wo er vom Meere her auf ein steil ansteigendes Land weht, wie an der Ostseite der Halbinsel Malakka, Hinterindiens und vieler Inseln des Malayischen Archipels. Es wäre wohl für das Verständnis der Witterungsvorgänge richtiger, diesem Nordostpassat seinen Namen zu lassen und Monsun nur die vom Meere her wehenden Südwest- und Südwinde zu nennen, die als Regenbringer gerade in den trockenen Ländern um den Indischen Ozean viel eigentümlicher und für den Menschen wichtiger sind.

Diese großen Land- und Seewinde erfahren in erster Linie die Ablenkung durch die Erdumdrehung. Man kann sehr oft beobachten, wie eine Seebrise als Nordwind einsetzt und als Nordostwind aufhört, oder als Südwind nach Südwesten herumgeht. Je größere Gebiete ein solcher Wind bestreicht, und je länger er anhält, um so deutlicher macht sich dieser ablenkende Einfluß der Erdumdrehung geltend. Der Natur der wirkenden Ursachen entsprechend ist die Kraft dieser Winde ursprünglich mäßig; aber Ausdehnung und Dauer lassen sie anwachsen bis zur Sturmesgewalt. Über die Höhe dieser Winde hat man noch wenig genaue Messungen. Jedenfalls ist sie in der Regel auf einige 100 m beschränkt und nach oben zu scharf begrenzt durch den darüber wehenden Gegenwind. Junghuhn fand in Java den Monsun nicht über 1600 m an der Außenseite der Berge und darüber in allen Luftschichten und in allen Monaten den Südostpassat. Die Monsune gleichen im allgemeinen in der Art ihres Wehens den Passatwinden: sie nehmen an Stärke zu von der leichten Brise bis zum steifen Wind; in der Regel

wehen sie stärker auf dem Meere als auf dem Lande, heftig nach Einengungen und als boraartige Fallwinde; wo sich die Naturstraße von Palghat (Ostindien) öffnet, bläst der Nordostmonsun mit gefährlicher Stärke auf das Indische Meer hinaus. Indem der Himalaya sich dem Passat als eine starke Schranke entgegenstellt, weht der Nordostmonsun in Indien viel schwächer als der Südwestmonsun, der auch häufiger stürmisch wird. Daß dagegen in Hinterindien und im nördlichen Teil der australasiatischen Inseln der Nordost stärker weht als in Indien, ist in der Richtung der Gebirge begründet, die seinem Hereinbrechen von Norden günstiger sind. Aber auch auf dem Indischen Ozean sind im allgemeinen die Monsune stärker als die Passate, also die Winde aus Südwesten stärker als die aus Nordosten. „Schwere Monsune" sind mehr zu fürchten als starke Passate. Aber es kommen auch mitten im Verlaufe der beiden Stillen und leichte Brisen vor. Wo Monsune stärker bei Tage wehen, wie in der Torresstraße, oder bei Nacht, wie in Nordwestaustralien, sind sie durch Land- und Seewinde örtlich verstärkt.

Der „Ausbruch des Monsuns" ist eines der eindrucksvollsten Naturereignisse und eines von denen, die wegen ihrer Folgen für das Leben der Menschen mit der größten Aufmerksamkeit erwartet und beobachtet werden. Man kann darin die Zeit der Vorbereitung unterscheiden, in der hoher und niederer Druck noch durcheinanderwogen, bis mit der Herstellung eines einzigen großen Luftdruckgefälles vom Äquator bis Innerasien der Monsun freie Bahn erhält. Dann ist sein Anbrechen, besonders beim Südwestmonsun, kein Übergang mehr, sondern eine Katastrophe wie ein Ausbrechen angesammelter, aufgestauter Fluten. Große Hitze, Trockenheit, staubgetrübte Luft bezeichnen die letzte Zeit der Herrschaft des Passats oder Nordostmonsuns. Nach einigen Wochen veränderlicher Winde, mit denen Wolken ziehen, die trockene Gewitter bringen oder sich nach leichten Niederschlägen wieder auflösen, fällt plötzlich das Barometer sehr tief, der Himmel überzieht sich mit grauen Wolken, heftige Gewitter brechen aus, Regengüsse überschwemmen buchstäblich das Land, alle Flüsse bis zum Übersteigen anschwellend. Dieser Zustand währt mehrere Wochen, während deren es fast ununterbrochen regnet und gewittert, dann klärt sich das Wetter auf, und der kühlende Südwest weht nun für Monate und bringt immer wieder einigen Regen mit sich. Ähnlich, wiewohl nicht ganz so heftig, ist das Einbrechen des Nordostmonsuns an der Ostküste Indiens. Im Südosten, z. B. auf den Philippinen, begleiten heftige Stürme, Collas, die in Wirbelstürme, Baquios, übergehen, den Monsunwechsel. In allen diesen Fällen erschließt die Verlegung eines Gürtels hohen Luftdrucks den Luftströmen plötzlich ein ungeheures Feld und steigert entsprechend ihre Macht und ihren Einfluß.

Der Südwestmonsun ist in dem ganzen Gebiete der stärkere, mächtigere und vor allem als Regenbringer wichtigere Wind; von ihm hängt am meisten der Ertrag des indischen Bodens und damit das Leben von Millionen ab. Dieses Übergewicht des Südwestmonsuns tritt um so auffallender hervor, als sonst in tropischen Ländern der Passat der in jeder Beziehung herrschende Wind ist. Je mehr das Jahr fortschreitet, um so weiter südwärts verlegt sich hoher Luftdruck, bis das ganze Gebiet zwischen dem Wendekreis des Krebses und dem Himalaya von südlichen, feuchtigkeitgesättigten Winden überweht wird. Damit schreiten nun auch die Regen fort, die in Südindien und Ceylon Ende Mai einsetzen, Bombay in der ersten und Kalkutta in der zweiten Juniwoche erreichen. In ihrer Ausgiebigkeit liegt die Gewähr ihrer Dauer, und sie entwickeln sich zu einer wahren Regenzeit. Nach dem Herbstäquinoktium sinkt die Wärme rasch, und von Mitte Oktober an dringt die Herrschaft des Passats und des klaren Himmels durch. Nur im gemäßigten Nordindien wird sie durch leichte Winterregenschauer unterbrochen, die etwa den Regen unseres Mittelmeergebietes entsprechen.

Die ältere Auffassung schrieb dem indischen Südwestmonsun hauptsächlich Eigenschaften zu, die im Boden Indiens selbst wurzelten, in erster Linie in der Verteilung der Wärme und des Luftdrucks; selbst der Schneefall im Himalaya wurde als Ursache der Verzögerung und Abschwächung der Regen aufgefaßt, wenn er stark und spät eintrat. Sicherlich übt er einen Einfluß, aber nicht in ganz Indien, sondern nur in dem das Gebirge umsäumenden Teile Oberindiens. Aber immer deutlicher stellte sich der nur örtliche Charakter dieser Einflüsse heraus, die nur leichte Veränderungen in den großen Luftströmen bedeuten. Die wahrhaft bestimmenden Ursachen dieser letzteren hat man viel weiter zu suchen, nämlich im südlichen Indischen Ozean, wo der Südostpassat und der Südwestmonsun so eng zusammenhängen, daß man aus der Kraft des ersteren die Stärke des anderen und selbst die Ausgiebigkeit seiner Regen abzuleiten vermag. Es scheint sogar die für die Ernten Indiens verhängnisvollste Eigenschaft, das verfrühte Aufhören des Monsuns, mit der vorangehenden Schwäche des Südostpassats zusammenzuhängen.

Karte der jährlichen Regenmenge in Japan. Nach J. Hann. Vgl. Text, S. 460.

Den Nordostwinden des Nordwinters entsprechen in Nordaustralien und in einem Teile des Malayischen Archipels südhemisphärische Südostwinde. Und ebenso bringt im Südsommer die Auflockerung der Luft über dem heißen, trockenen Australien einen dem Südwestmonsun ähnlichen Wind hervor, der hier, auf der Südhalbkugel, natürlich ein Nordwestwind wird. Das ist der Nordwestmonsun, durch den Neuguinea, das tropische Australien und der Osten und Süden des Malayischen Archipels, etwa vom Äquator an, im Südsommer eine regenreiche Zeit vorwaltender Nordwestwinde haben. Wir erhalten also neben dem Gebiete des Südwestmonsuns, das vorwiegend nördlich vom Äquator liegt, ein Gebiet des Nordwestmonsuns, das vorwiegend südlich vom Äquator liegt. Und so wie jenen der Nordostpassat im Nordwinter, so verdrängt diesen der Südostpassat im Südwinter. Die Rolle Innerasiens in der Bildung des Südwestmonsuns übernimmt dann Innerasutralien nördlich vom 20. Grad südl. Breite in der Entstehung des Nordwestmonsuns, d. h. es bildet ein Gebiet der Auflockerung und niederen Luftdruckes, während Malakka mit Singapore, Nordsumatra und Nordborneo den Übergang zwischen beiden Gebieten bilden. — In den subtropischen und gemäßigten Meeren und Ländern, die an die Monsungebiete angrenzen, breiten sich unter günstigen Bedingungen die Monsune weit über die ihnen in anderen Gebieten gesetzten Grenzen aus. Trocken- und Regenzeit treten einander gerade so scharf gegenüber wie in den Tropen, wo winterkaltes Land mit hohem Luftdruck einem warmen Meere

gegenüberliegt, wie im südlichen Nordamerika oder in Ostasien. Im Inneren von Nordamerika liegt im Sommer ein Gebiet niederen Druckes über Texas, Arizona, Neumexiko, dem Luft aus dem Golf von Mexiko zuströmt, also von Süden und teilweise Südosten, während im Winter in entgegengesetzter Richtung aus Norden und Nordwesten kalte Luft vom Land zum Meere weht. Es ist ein monsunartiger Wechsel, der aber nicht schroff auftritt, sondern durch die Unterbrechung einer und der anderen Windrichtung zu den Verhältnissen des gemäßigten Klimas überleitet. Auch China und Japan liegen auf der Grenze des Monsungebietes. Daher herrschen im Winter heftige trockene Landwinde aus Norden und Nordwesten, die Frost und Schneefall bis zum Wendekreis tragen, und im Sommer treten an ihre Stelle warme und feuchte Seewinde aus Süden und Südosten. Daher niederschlagsarmer Winter und regenreicher Sommer. Und dieser Gegensatz reicht noch tief nach Innerasien hinein, wo zwar Niederschlagsarmut herrscht, wo aber der spärliche Niederschlag doch im Sommer fällt. Die südlichen Inseln von Japan (s. die Karte, S. 459) zeigen noch den regelmäßigen Wechsel zwischen dem Monsun, der als regenbringender Südwind vom April bis September weht, und nördlichen und nordwestlichen Winden, die im Winter vorherrschen. Über dem Japanischen Meere kommen die Südwestwinde rein zur Entwickelung. Da aber die Luftdruckunterschiede hier zwischen Meer und Land viel geringer sind als auf dem Festlande Asiens, so sind auch diese Winde hier an der Grenze weniger regelmäßig als im Inneren des Monsungebietes und lassen oft sogar den örtlichen Land- und Seewinden freien Spielraum. Wohl aber sind die Nordwest- und Nordwinde auch hier stark und regelmäßig. — Das nördliche Innerafrika hat unter dem Einfluß des warmen Golfes von Guinea, über dem zwischen dem Äquator und dem 10. Grad nördl. Breite eine Luft von 26° liegt, seinen Seewind, einen Monsun des Sudâns, der einen großen Teil des Jahres landeinwärts weht und an dem Hochlandrande mächtige Regen fallen läßt. Noch in Kuka am Tsadsee (13° nördl. Breite) kommen die Sommerregen aus Südwesten; Rohlfs glaubte sogar in den Haufenwolken, die zeitweilig am herbstlichen Westhimmel der Kufra-Oasen erschienen, die letzten Ausläufer dieses Südwestmonsuns des Sudâns zu erkennen. Im Winter tritt aber der Nordost als trockener Landwind an seine Stelle, und es mutet uns wie Monsunwechsel der Umschlag der beiden gerade entgegengesetzten Windrichtungen an.

Die Winde der gemäßigten Zone.

In den Erdgürteln nördlich und südlich von den Passatgebieten kommen ebenfalls Strömungen der großen Systeme zur Geltung, die ihren Ursprung am Äquator haben. Auch die Erdgürtel nördlich und südlich von 40° beider Breiten stehen unter dem Einfluß der Thatsache, daß eine Luftsäule am Äquator höher ist als weiter polwärts. Darum ist auch die Luft dort stärker zu den Polen hin geneigt und weht als Westwind abgelenkt der Erde voraus, weil sie aus Gebieten größerer Umdrehungsgeschwindigkeit kommt. Daher zwei Zonen vorwaltender Westwinde von den angegebenen Parallelen an bis tief in die Polargebiete hinein. Aber nicht in ununterbrochenem Strome, wie die Passate oder Monsune, fließt hier die Luft, sondern in Wirbeln, die oft deutlich abgesetzt sind und ein Wehen der Winde aus allen Richtungen, wenn auch unter Vorwalten der westlichen, verursachen. Dabei kommen die geographischen Bedingungen viel mehr zur Geltung als in den Tropen; selbst Gebiete von beschränktem Umfang wie das Mittelmeer, die Ostsee, ja sogar die großen Seen Nordamerikas prägen einem örtlichen Klima besondere Merkmale auf, indem der Luftdruck, der über ihnen liegt, Weg und Stärke der Westwinde mit bedingt.

Man muß erwarten, daß die Winde der gemäßigten Zone auf der Südhalbkugel viel reiner zur Erscheinung kommen als auf der Nordhalbkugel, weil auf der Südhalbkugel die gemäßigte Zone fast rein vom Meere eingenommen wird. Daher sehr heftige und äußerst regelmäßige Westwinde zwischen 40 und 60° südl. Breite, die sich zu einem südhemisphärischen Westwindring schließen. Nach dem ungewöhnlich tiefen Stande des Barometers in diesem Gürtel nimmt polwärts der Luftdruck wieder zu (s. oben, S. 438, und unten, S. 462). Auf der Nordhalbkugel

liegen die Verhältnisse ganz anders: starker Unterschied von Wasser und Land, daher Bildung von Inseln höchsten Luftdruckes im Winter über den beiden größten nördlichen Landmassen, Eurasien und Nordamerika, während gleichzeitig über dem nördlichen Atlantischen und Stillen Ozean Gebiete niedrigsten Druckes lagern. Wenn in Ostsibirien das Barometer 780 mm zeigt, liest der Schiffer südwestlich von Island 740 mm ab. Dagegen sinkt in unserem Sommer das Barometer in Innerasien auf 750 mm und steigt auf den Meeren. So werden also auch in der nördlichen gemäßigten Zone die Festländer und Meere Ausgangsgebiete großer Luftströmungen; im Winter strömt unten Luft vom Land zum Meer, oben vom Meer zum Land, im Sommer sind die Richtungen umgekehrt. Daher hier ein Gürtel vorwaltender Westwinde, in dem mit Unterbrechungen eine lockere Aufeinanderfolge von Cyklonen aus allen Strichen der Windrose herrscht, und im Gefolge dieser Bewegungen ein tiefes Eindringen ozeanischer Einflüsse in die Länder der Alten Welt, dem in Eurasien erst der Jenissei eine Grenze zieht.

Die Land- und Wasserverteilung macht sich nun in der nördlichen gemäßigten Zone in der Weise geltend, daß Europa und Westasien bis zum Jenissei hauptsächlich West- und Südwestwinde haben, weil sie die Strömungen empfangen, die um das Tiefdruckgebiet des nördlichen Atlantischen Ozeans wirbeln, während sie nördlich von dem Hochdruckgebiet liegen, das über dem Atlantischen Ozean südlicher liegt. Eine Zunge des nordasiatischen Hochdruckgebietes reicht im Winter südwestlich bis nach Mitteleuropa hinein und teilt Osteuropa in ein nordwestliches Gebiet, das vorwiegend südwestliche, und ein südöstliches, das vorwiegend östliche Winde hat. Drei Vierteile des Wetters von Westeuropa hängen von den atlantischen Luftwirbeln ab. Die Ostseiten von Amerika und Asien liegen entgegengesetzt zu den Depressionsgebieten des nördlichen Atlantischen und Pacifischen Meeres, daher empfangen sie hauptsächlich Nord- und Nordwestwinde aus dem Inneren ihrer Länder. Dies ist der Hauptgrund des großen Unterschiedes des Klimas der unter gleichen Breitegraden liegenden europäischen und nordamerikanischen Gestadeländer des Atlantischen Ozeans. Dieser Unterschied wird noch dadurch gesteigert, daß, wenn zahlreiche Sturmzentren im Winter auf der Bahn des Golfstromes nach Europa wandern, die Luft dahinter ersetzt werden muß durch Zufluß aus dem Norden und dem Inneren Nordamerikas. Daher herrschen strenge Winter in Nordamerika so oft, wenn wir in Mitteleuropa veränderliche, milde Winter haben. Die atlantischen Cyklone beherrschen die Witterung West- und Mitteleuropas unbedingt, üben aber einen sehr verschiedenen Einfluß auf dessen verschiedene Gebiete, je nach der Lage ihrer Zugstraßen; durchschnittlich wandern sie im Nordwesten von Mitteleuropa, weshalb z. B. Deutschland vorwiegend die Süd- und Südwestwinde empfängt, die von Rückseite und rechter Seite her der Cyklone zuströmen. Vergleicht man die Zahl der Winde aus den acht Hauptrichtungen nach dem Prozentverhältnis, wie sie in Hamburg und Leipzig beobachtet sind, so erhält man folgende Reihe:

	Norden	Nordosten	Osten	Südosten	Süden	Südwesten	Westen	Nordwesten
Hamburg . .	5	10	9	10	11,3	25,8	14,5	14,3
Leipzig . . .	8,1	8,4	8,5	15,1	9,2	21,8	15,9	13,0.

Vergleichen wir Süddeutschland, so liegen dort die Verhältnisse durch die ausgesprochen gebirgige Bodenbeschaffenheit etwas anders, denn hier wird das Übergewicht der westlichen Richtungen vermindert zu gunsten der östlichen, besonders im Frühling und Herbst, und zugleich treten die starken Fallwinde der Alpen als ein neues Element hinzu.

Über dem Atlantischen Ozean und in Westeuropa finden die Westwinde einen noch freieren Raum als in Mitteleuropa. Daher hat **Frankreich** besonders in seinen großen, dem Meere weit geöffneten Beckenlandschaften ein stürmischeres, aber auch durch den ozeanischen Einfluß abgeglichenes Klima. Die

Bucht von Biskaya dankt ihre sprichwörtliche Stürmischkeit den kleineren Cyklonen, die sich an der Südseite der großen atlantischen Wirbel bilden und in diesem Winkel sozusagen sich austoben. So ist auch in Frankreich selbst wieder das Loirebecken ozeanischer als das Rhonebecken. Wo diese Wirbel an das europäische Festland herantreten, bewirken sie an dessen vielgliederigen Gestaden starke Aufstauungen des Meeres, unter denen besonders die Nordsee zu leiden hat, die nach Südwesten und Nordwesten geöffnet ist. Besonders die nicht seltene Drehung des Windes von Südwesten nach Nordwesten wird hier gefährlich, da der Südwest das Wasser aus dem Ozean hereindrängt, das dann der Nordwest in den Elbe-Weser-Winkel wirft. So entstehen die verwüstendsten jener Sturmfluten, von denen durchschnittlich fünfzig im Jahrhundert die deutschen Nordseeküsten heimsuchen; fast drei Viertel davon gehören dem Herbst und Winter an, während der November 22,8 Prozent hat gegen 1,3 Prozent des Juni.

Die Winde der Polargebiete.

Auch in den Polargebieten muß die in östlicher Richtung um die Erde kreisende Luft die Windrichtungen bestimmen. Thatsächlich thut sie das in der Antarktis, deren Gürtel westlicher Winde in klassischer Reinheit ausgebildet ist. In der Arktis liegen die Verhältnisse anders, hier greift die Luftdruckverteilung über den Festländern und Meeren ein, welche Minima über dem nördlichen Atlantischen und dem nördlichen Stillen Ozean und Maxima des Luftdruckes über Eurasien und Amerika schafft. Diese beiden kontinentalen Hochdruckgebiete verbindet ein Streifen höheren Druckes im Eismeer nördlich vom Beringsmeer, der im Winter südlicher liegt, gegen den Frühling hin sich polwärts verlegt und im April und Mai vielleicht den Pol in der Richtung Taimyrland-Melvillesund schneidet. Diese arktische Windscheide Supans beherrscht die Windrichtungen in der Arktis so, daß wir vorwaltend östliche Winde im sibirischen Eismeer nördlich von Asien finden, ausgesprochen im Winter und Frühling, schwach und wechselnd im Sommer. Das sind die Verursacher der Driftströmung im Eismeer nördlich von Sibirien und des großen Unterschiedes zwischen den West- und Ostseiten arktischer Länder sowohl in klimatischer Hinsicht als in der Lagerung des Treibeises. Ihnen entgegen wehen vorwiegend westliche bis südliche Winde im arktischen Europa, im südlichen Spitzbergen und Nowaja Semlja und bis zu den Neusibirischen Inseln hin; das sind die Winde, die das Eis zurückstauen und mit ihrer eigenen Wärme und mit der des warmen atlantischen Wassers, das sie vor sich hertreiben, schmelzen. Wenn wir sie auch nicht mehr auf das „Niedersenken eines heißen, aus Nordafrika und Arabien aufsteigenden Luftstromes, der in Spiralen zum Pol nordostwärts abfließt“ (F. von Kuhn) zurückführen, so gehören sie doch im Gegensatz zu den Winden des inneren Polarbeckens dem Windsystem niedrigerer Breiten an. Der stürmische Charakter gehört zu den Merkmalen des polaren Klimas in beiden Hemisphären, soweit es genauer beobachtet ist, also in den Randgebieten. Das Innerste der Polargebiete dürfte sich eines verhältnismäßig ruhigeren Klimas erfreuen, vielleicht mit Ausnahme der Abschnitte, die in der Verlängerung des Atlantischen Ozeans nach Norden zu liegen. Beträchtliche Schwankungen des Luftdruckes sind hier besonders in der wärmeren Jahreszeit zwischen dem Polarkreis und 75 bis 80° häufig, kommen aber auch im Winter vor; die Überwinterungen in Ostgrönland und Spitzbergen berichten von sehr heftigen Winterstürmen. Auch in der Rensselaer Bai fand Kane die Luftdruckschwankungen sehr groß, zumal im Winter; Stürme kamen immer aus Ostsüdosten, nur einmal aus Südwesten.

Ohne diese plötzlich auftretenden Stürme und Windstöße wäre die Schiffahrt im Eismeer noch viel gefährlicher. Die Geschichte der Entdeckungsfahrten verzeichnet Rettungen aus Eisumdrängung, die ans Wunderbare grenzen. Roß wurde am 9. Februar 1841 nur durch eine plötzliche Brise aus der Einzwängung zwischen Eismauer und Packeis gerettet, und Weddell wurde im Februar 1823 durch einen

starken Südwind von der Nachbarschaft zahlreicher Eisberge befreit, zwischen denen er geglaubt hatte, nicht mehr durchkommen zu können.

Für den Luftdruck im Meeresniveau in hohen südlichen Breiten leitet Hann folgende Mittelwerte ab:

60—67	65—71	70—75	75—78° südl. Breite
739,7	737,4	734,0	735,8 mm.

Es ist dies ein Luftdruck, wie er in der nördlichen Hemisphäre innerhalb großer Barometerdepressionen oder während heftiger Stürme vorkommt. Dem niedrigen Luftdruck entsprechen heftige Westwinde. Die überwiegende Wasserbedeckung, welche die Entwickelung von selbständigen Luftzirkulationen über größeren Landmassen hindert und damit diese einfache Rotationsbewegung fördert, sowie die geringe Reibung der Luft an der Wasserfläche erklären die rasche Abnahme des Luftdrucks gegen den Südpol zu. In den höheren Breiten ist, vielleicht schon von 72° südl. Breite an, wieder eine Zunahme östlicher Winde zu erwarten. Auch bei den antarktischen Expeditionen der letzten Jahre hat sich die Beobachtung Biscoes bewährt, welcher schon 1833 sagte: „In den sehr hohen Breiten hatten wir im Eis fast gleichmäßig südliche Winde, die über Südosten nach Ostnordosten herumgingen." Die „Valdivia" vermißte schon bei der Fahrt längs dem Eis in 60° südl. Breite die heftigen Schwankungen des Luftdruckes in dem Westwindgürtel. Die „Antarctic" und die „Belgica" hatten jenseits des südlichen Polarkreises ruhigeres Wetter mit Sonnenschein und wenig Nebel. Wir haben oben, S. 267 u. f., die vorwaltende Richtung der Eisdrift nach Norden und Nordwesten beschrieben, welche die Folge dieser Windrichtungen ist. Biscoe empfahl, in Zukunft den Versuch des Eindringens von Osten nach Westen zu machen, und das ist der Plan, nach dem in den letzten Jahren wiederholt hohe südliche Breiten ohne allzu große Anstrengungen erreicht wurden, und der auch dem Vordringen des „Gauß" südpolwärts zu Grunde gelegt worden ist.

---

5. Feuchtigkeit der Luft und Niederschläge.

Die Feuchtigkeit der Luft.

Die Luft enthält Wasserdampf (s. oben, S. 406) und Wasser in Form von kleinen Tröpfchen, Tropfen, Eiskristallen von Staubform bis zur Schneeflocke. Wenn man von Feuchtigkeit in der Luft spricht und besonders wenn man sie mißt, meint man aber in der Regel nur den Wasserdampf. Diesen allein haben besonders die beiden am häufigsten gebrauchten Bezeichnungen absolute und relative Feuchtigkeit im Auge, die eben deswegen viel besser ersetzt würden durch die sachgemäßeren Ausdrücke Dampfdruck und Sättigungsdefizit. Die Menge des Wasserdampfes in einem bestimmten Maße Luft, gemessen am Dampfdruck oder an dem Gewicht des Wasserdampfes in einer Volumeinheit Luft, nennt man ihre absolute Feuchtigkeit. Diese Menge steht aber immer im Verhältnis zur Wärme der Luft, denn warme Luft kann mehr Feuchtigkeit aufnehmen als kalte. Die Feuchtigkeit der Luft im Verhältnis zur Wärme nennen wir die relative Feuchtigkeit. Man drückt sie durch das Sättigungsdefizit aus:

das ist der Unterschied zwischen dem beobachteten Dampfdruck und dem größten Dampfdruck, der bei derselben Temperatur möglich wäre. Man erhält dadurch den Grad der Sättigung der Luft. Auch der Taupunkt wird als Maß der Feuchtigkeit der Luft angegeben; es ist die Temperatur, bis zu der die in Frage kommende Luft abgekühlt werden müßte, um flüssiges Wasser auszuscheiden. Je kleiner der Unterschied zwischen dieser Temperatur und der eben herrschenden, desto größer ist der Wasserdampfgehalt der Luft.

Von diesen drei Größen hat natürlich der Dampfdruck an sich am wenigsten geographische Bedeutung; er gibt im Grunde nur eine abstrakte Größe. Denn eine sehr warme Luft ist bei derselben Wasserdampfmenge trocken, eine kältere feucht. Gerhard Rohlfs maß den mittleren Dampfdruck in der Oase Kufrah im September bei Temperaturen von 30—40°; kein Wunder, daß die Luft hier von wüstenhafter Trockenheit war bei demselben Dampfdruck, der in Wien oder Oxford eine Luft von angenehmer Feuchtigkeit bedeutet. Am 14. August lag in Hauari (Kufrah) der Taupunkt bei —0,2°, während 38,9° Wärme beobachtet wurde, es hätte also die Wärme sich um 39° erniedrigen müssen, damit der Wasserdampf sich zu Wolken verdichtete oder gar Regen eintrat. „Und doch", fügt Hann in Rohlfs Kufrahbuch (1881) diesem Ergebnis hinzu, „ist der absolute Wasserdampfgehalt der Wüstenatmosphäre selbst in diesen extremen Fällen noch höher als bei uns im Durchschnitt des Winters, ja selbst des Frühlings und Herbstes." Natürlich kann es in anderen Beziehungen wichtig sein, den Wasserdampfgehalt der Luft zu kennen, z. B. zu wissen, daß man in der freien Luft in 5000 m nur noch 11 Prozent des Betrages am Boden findet, so daß man in 8000 m eine fast wasserdampflose Luft erwarten darf, wie übrigens die Temperatur von —40° und darunter voraussehen läßt. Aber wenn wir im allgemeinen von der Feuchtigkeit eines Klimas sprechen, meinen wir den Wasserdampf in der Luft verglichen mit der Temperatur dieser Luft oder die sogenannte relative Feuchtigkeit. Das ist die Feuchtigkeit, die unsere Haut und unsere Haare empfinden, die in noch viel größerem Maße das Leben der Pflanzen und vieler Tiere beeinflußt und auch dadurch wieder mittelbar den Menschen berührt. Von ihr hängen unmittelbar die klimatisch und für das ganze Leben der Erde, selbst für die unorganischen Erdformen, so wichtigen Niederschläge ab.

Die geographische Verbreitung des Wasserdampfes der Luft zeigt die unbedingte Abhängigkeit von der Temperatur. Also steigt die Feuchtigkeit der Luft von den Polen zum Äquator und erreicht ihr Maximum mit einem Sättigungsgrad von 80 Prozent über den warmen Meeren der Äquatorialzone. Bei 0° Luftwärme hält 1 cbm Luft 4,9 g Wasser, bei 27°:25,5. Wo dort über weite Flächen eine mittlere Wärme von 27° herrscht, ist die Luft mit Feuchtigkeit nahezu gesättigt. Der Feuchtigkeitsgehalt ist dort zwölfmal so groß als unter 70° nördl. Breite bei —9° mittlerer Wärme. Im allgemeinen nimmt die Feuchtigkeit landeinwärts ab, gleicherweise nimmt sie auch mit der Höhe ab, und zwar rascher in der freien Luft als an den Gebirgen. Dasselbe Quantum Luft ist also trockener im Hochland als im Tiefland, und eine Gebirgsschranke von 2000 m läßt nur die Hälfte des Wasserdampfes der Luft passieren; alles was darunter liegt, wird beim Aufsteigen zu Wasser oder Eis verdichtet. Aber die Höhenverbreitung der Feuchtigkeit ist sehr verschieden, sobald man die Temperatur mit berücksichtigt. Scullys Beobachtungen während der Shawschen Yarkand-Expedition zeigten eine Zunahme der relativen Feuchtigkeit bis ungefähr 3000 m und von hier an eine starke Abnahme. Seit diesen Beobachtungen hat man besonders bei Luftschiffahrten die relative Feuchtigkeit geprüft und ebenfalls eine unregelmäßige Abnahme, unterbrochen von Zunahmen, gefunden. Aus den Ergebnissen deutscher Luftschiffahrten scheint eine Abnahme bis 2000 m,

dann eine leichte Zunahme bei 2500 m und eine zweite Zunahme bei 4000—4500 m zu folgen. Während der Wasserdampfgehalt der Luft im Tage und Jahre im allgemeinen einfach dem Wärmegang folgt, so daß sein Betrag von einem Minimum am Morgen zu einem Maximum am Nachmittag steigt, um dann wieder zu sinken, nimmt die relative Feuchtigkeit mit dem Steigen der Temperatur ab und erreicht ihren Höchststand, wenn die Wärme am tiefsten steht. Daß dies in höherem Grade unmittelbar über dem Boden stattfindet, wo Ein- und Ausstrahlung am stärksten wirken, ist besonders für die Tau- und Reifbildung wichtig.

Die dem Gedanken nach einfachste, aber in der Ausführung schwierigste Methode der Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft ist die Ausscheidung des in einem bestimmten Maße Luft enthaltenen Wassers durch Überführung in den flüssigen Zustand. Leitet man Luft über Stoffe, die ihren ganzen Wassergehalt aufnehmen und festhalten, so ergibt die Gewichtszunahme dieser Stoffe die absolute Feuchtigkeit, die man dann in Grammen auf das Kubikmeter ausdrückt. Die Messung der Temperatur, bei der sich die Feuchtigkeit der Luft niederschlägt, gibt den Taupunkt. Die Messung der Spannung einer Luftmasse im normalen Zustand und im Zustand der völligen Austrocknung gibt aus der Spannkraft die Menge des Wasserdampfes. Die Messung der Wärme, die zur Verdunstung einer Wasserschicht nötig ist, mit der man die Kugel eines Quecksilberthermometers befeuchtet, gibt beim Vergleich des „nassen" mit dem „trockenen" Thermometer das Sättigungsdefizit. Das zu solcher Messung nötige Werkzeug, das Psychrometer, neuerlich vervollständigt durch eine Vorkehrung zur Luftzufuhr durch Aspiration: Aspirationspsychrometer, ist das bequemste und zuverlässigste Mittel zur Messung der Feuchtigkeit der Luft bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt. Das auf die Formveränderung eines Haares durch Feuchtigkeitsaufnahme begründete Haarhygrometer ist für praktische Zwecke verwertbar.

Die Verdunstung.

Der Übergang des Wassers aus dem festen oder flüssigen Zustand in den dampfförmigen findet überall statt, wo Wasser in irgend einer Form in Berührung mit Luft kommt, die nicht mit Feuchtigkeit gesättigt ist. Je wärmer diese Luft ist, je geringer der Druck, unter dem sie steht, und je rascher sie durch den Wind ersetzt wird, desto stärker ist die Verdunstung. Die Verdunstung wird im allgemeinen über den Wasserflächen am größten und größer über warmen als kalten, größer über bewegten als unbewegten Flächen, größer in hohen als in tiefen Lagen sein. Sie wird also besonders über den Meeren des Passatgürtels und über Flüssen und Seen des Hochlandes stark sein. Süßwasser verdunstet von derselben Fläche ein Zehntel mehr als Salzwasser, und eine Wasserfläche in trockenen Umgebungen verdunstet mehr, da ihr beständig neue trockene Luft zugeführt wird, als eine Wasserfläche, die ein Teil eines großen Flusses, Sees oder gar des Meeres ist. Das muß man besonders auch bei der Messung der Verdunstung in den sogenannten Atmometern berücksichtigen, die immer nur mit einem kleinen Becken arbeitet. Deshalb kann man auch nicht von der Verdunstung an der Küste auf die Verdunstung eines ganzen Meeres schließen. — Die Verdunstung verändert die Erdoberfläche, indem sie diese in verschiedenem Maße feucht bleiben oder trocken werden läßt, wobei nicht bloß die Menge des an der Erdoberfläche in bestimmten Bezirken befindlichen Wassers, sondern auch die Qualität der Erdoberfläche insofern Veränderungen erfährt, als sie je nach der Verdunstung wasser- oder eisbedeckt, feucht oder trocken sein kann. Die Verdunstung entscheidet darüber, ob ein Land Wüste oder Pflanzenboden wird, und übt damit einen tiefgehenden Einfluß auf dessen Stellung in der Lebensentwickelung der Erde aus.

Die Verdunstung nimmt im allgemeinen von den Tropen polwärts ab. Im Tropengürtel kommen Verdunstungen vor, die im Jahre eine Wasserschicht von mehr als 2300 mm in Dampf verwandeln, in der gemäßigten Zone sinkt der Betrag auf 400 mm herab. In den

Passatgürteln, wo Wärme und dauernd starke Winde sich vereinigen, steigt die Verdunstung über 2500 mm, und noch größere Beträge mögen in Wüstengebieten vorkommen, die jahraus jahrein von trockenen Passatwinden überweht werden. Doch nimmt Woeikof für den Kaspischen See nur 1000 mm jährliche Verdunstung an. Mit dem Steigen und Fallen der Wärme steigt und fällt die Verdunstung an jedem Tage und im Laufe des Jahres, und je größer die Wärmeunterschiede sind, um so größer werden auch die Unterschiede der Verdunstung. In Kairo verdunsten im Sommer zwischen Mittag und 2 Uhr fast 1,4 mm, zwischen 2 und 4 Uhr nachts 0,9 mm. In Südengland verdunsten im Dezember wenig über 1 mm, im Juli 89 mm an *einem* Tag. Über den Einfluß des Pflanzenlebens auf die Verdunstung s. unten, S. 516 u. f.

Wer das *Klima Afrikas* würdigen will, muß den verdunstungsfähigen Flächen der Seen, Flüsse, Sümpfe, Wälder dort eine viel höhere Bedeutung beimessen als in anderen Gebieten; die große Wärme, die Höhenlage und infolge derselben die dünnere Luft, endlich die Luftbewegung oder der Luftwechsel durch die regelmäßigen Winde sind die Ursachen einer mächtigen Verdunstung, welche die Niederschlagsmengen und die Größe der Niederschläge stark beeinflußt. Im Januar 1876 schreibt Emin Pascha aus Fatiko über die kühlen Nächte und fügt hinzu: „Dazu kamen tägliche Regen, eine zu dieser Jahreszeit (Januar 1870) völlig abnorme Erscheinung, die sich nur durch die enorme Verdunstung erklären läßt, welcher die großen Überschwemmungsflächen des Flusses während des Tages bei Mittagstemperaturen von 32—35° C. im Schatten unterliegen. So dürfte für dieses Jahr auch die Regenzeit im allgemeinen früher beginnen."

Tau und Reif.

Durch Verdichtung des Wasserdampfes der Luft am Boden, an dessen Pflanzendecke und an anderen Gegenständen, die über ihn hervorragen, entsteht eine besondere Klasse von Niederschlägen: *Tau, Reif* und *Bodennebel*. In hellen Nächten erniedrigt sich die Temperatur unmittelbar am Boden rascher als in geringer Höhe über demselben, es tritt der Sättigungspunkt ein, und die Taubildung beginnt, durch welche die Feuchtigkeit in der Luft sich immer mehr von unten nach oben vermindert. Je rascher die Temperatur des ausstrahlenden Körpers sinkt, und je feuchter die Luft ist, die ihn umgibt, um so stärker wird der Tau oder Reifniederschlag. Gegen Morgen, wo die Abkühlung durch Ausstrahlung den höchsten Betrag erreicht hat und nicht selten die Temperatur des Bodens 7—8° unter der der darüber ruhenden Luft steht, fällt am meisten Tau. Die Taubildung beginnt an schattigen Stellen noch vor Sonnenuntergang und setzt sich unter günstigen Umständen die ganze Nacht fort. Die starke Strahlung der Pflanzen, die rasch Wärme an die Luft umher abgeben, beschleunigt sie. Daß ein großer Teil des im Tau und Reif niedergeschlagenen Wassers von der Feuchtigkeit stammt, die aus dem Boden an die unteren Luftschichten übergeht, kann keinem Zweifel unterliegen; ist doch der Boden in geringer Tiefe immer erheblich wärmer als an der ausstrahlenden Oberfläche; aber sicherlich geht auch Wasserdampf der Luft, der nicht vom Boden stammt, in diese Niederschläge über. Daß sogar vom Wind herangeführte Feuchtigkeit niedergeschlagen wird, geht vor allem aus der Gestalt und Größe der Reifbehänge hervor (vgl. oben, S. 299).

Die *geographische Verbreitung* des Taues hängt von der Verbreitung der relativen Feuchtigkeit ab. Er ist am häufigsten in den Gegenden, wo großer Wasserdampfgehalt der Luft mit großen Temperaturwechseln einhergeht, also vor allem in den Tropen, dann in Küstenländern, in der Nachbarschaft großer Wasserflächen; da finden wir auch Anpassungen der Lebewesen zur Ausnutzung des Taues (s. die Abbildung, S. 467). Deutsch-Ostafrika z. B. kennt Tau nur an den Küsten und im Gebirge. Tau ist häufig, wo in ein trockenes Gebiet durch Seewind Feuchtigkeit geführt und durch die Ausstrahlung gegen den klaren Himmel verdichtet wird.

Das ist der Grund der reichen Taufälle Palästinas, wo man im trockenen Klima den Wert dieser Feuchtigkeitsquelle hoch anschlägt. Man schrieb einst sein Ausbleiben dem Zorne Gottes zu. Der Tau fällt aber in den Tropen in viel größeren Mengen als in den anderen Zonen, selbst in den Hütten triefen dort des Morgens oft die Moskitonetze von Feuchtigkeit: eine große Ursache rheumatischer Leiden der Tropenbesiedler. Bei Maximaltemperaturen um 40° herum, denen Minimaltemperaturen von 17° gegenüberstehen, konnten 30 g Wasserdampf aus 1 cbm Luft ausgeschieden werden. Leider liegen wenig genaue Messungen vor. Am Gabun fand Soyaux die Taufälle so stark, daß sie Pfützen erzeugten und „meßbare Niederschläge" lieferten; an der Loangoküste soll der Betrag des Taues in manchen Nächten sich auf 3 mm gehoben haben. In unseren Breiten erreicht seine Menge niemals 0,5 mm, was schon als das Merkmal eines feuchten Tages angenommen wird. Wollny nimmt 30 mm als den Betrag des Taufalles eines Jahres in München an, Dines für England gegen 40 mm. Von Lavaysse liegen ältere Messungen vor, die auf Trinidad vom 2. Dezember bis 1. Mai 6", also gegen 140 mm Tau nachwiesen.

Tautropfen in Blattbechern der Alchemilla vulgaris. Vgl. Text, S. 466.

Über die Taubildung in Grönland hat Sabine unter 74° nördlicher Breite Untersuchungen angestellt. Er stellte bei klarem Wetter ein Thermometer gegen 1 m über dem Boden unter einem leinenen Tuch, ein anderes auf dem Grase auf. Als jenes etwas über 1° zeigte, war dieses unter —6° gefallen, und beide trugen Spuren reicher Betauung. Die Bildung von Bodennebeln ist in polaren Gebieten außerordentlich häufig, und ihr Reif erzeugender Einfluß wurde von Scoresby eingehend geprüft.

Die **Reifbildung** geht fast ununterbrochen in den Küstengebieten arktischer Regionen auf dem Eise vor sich, wo Nebel über jeder offenen Wasserstelle entsteht, so daß trotz der Niederschlagsarmut das Eis immer weiter wächst. Im allgemeinen überwiegt die Verdichtung von Wasserdampf als Reif auf Schnee und Eis die Verdunstung; diese geht bei bewölktem, jene bei klarem Himmel vor sich. Nach Dufours Untersuchungen kondensiert Eis den Wasserdampf der Luft in solchem Maße, daß vielleicht ein Fünftel der Jahresniederschläge im Laufe eines Jahres auf dem Gletscher sich in dieser Form niederschlägt. Über die Formen des Reifes und seine Bedeutung für die Verfirnung des Schnees haben wir in dem Abschnitt über Schnee und Firn (s. oben, S. 299) gesprochen. Reifbildung ist Taubildung unter dem Einflusse einer Frosttemperatur. Doch braucht dabei keineswegs die Lufttemperatur unter 0 zu sinken; vielmehr ist Reifbildung bei 5—6° möglich, ebenso wie Eisbildung durch Ausstrahlung bei ganz klarer, ruhiger Luft bei 8° Luftwärme; bei solchen Temperaturen tritt Abkühlung der Niederschlagsfläche bis unter 0° ein.

Dauernde Durchfeuchtung ist eine Thatsache von geologischer Bedeutung. Wirkt die Wärme auf einen Boden, der selten angefeuchtet wird, so ist die Austrocknung nur die Frage einer sehr kurzen Zeit. Die Pflanzen sterben ab, ihre organischen Reste werden

verflüchtigt, der Staub, zu dem sie zerfallen, wird vom Winde fortgetragen, und das Resultat ist ein Boden von geringem Gehalt an organischen Stoffen, von sehr geringer Feuchtigkeit, von schwacher, häufig unterbrochener Vegetation. Überall, wo die Luft einen Teil des Jahres sehr trocken ist, tritt dieser Fall ein, also besonders in der Trockenzeit der warmen Klimate. Diese ist nun aber gerade vermöge ihres klaren Himmels die Zeit der stärksten Taubildung, die oft viel regelmäßiger als andere Niederschläge wiederkehrt. Allnächtliche Benetzung, wie sie in so vielen Gegenden vorkommt, wird der Vorbereitung zur Wüstenbildung entgegenwirken und kann sogar von praktischer Bedeutung für den Ackerbau werden.

Die Bildung der Niederschläge.

Das in der Luft enthaltene Wasser ist unsichtbar, solange es dampfförmig ist; seine Anwesenheit ist unter diesen Umständen nur daran zu merken, daß es das Gewicht der Luft vermindert, was wir bereits als eine sehr große Ursache atmosphärischer Bewegungen kennen gelernt haben. Außerdem empfängt die Luft durch reichlichen Wasserdampf eine auffallende Durchsichtigkeit. Aber ganz anders ist es, wenn ihre Temperatur aus irgend einem Grund unter dem Taupunkt ist, wo dann flüssiges Wasser in Gestalt kleiner Tröpfchen, die bis 1/30 mm Durchmesser erreichen, oder festes Wasser in Form feinster Kristalle (s. oben, S. 298 u. f.) zur Ausscheidung kommt. Es gehören jedoch besonders zur Nebelbildung noch äußere Begünstigungen, unter denen Staubkörnchen, auf die sich das Wasser niederschlägt, am wirksamsten sind. Außerdem begünstigt auch der Durchgang von elektrischen Kathoden- und Röntgenstrahlen die Verdichtung. Wo diese Umstände fehlen, kann die Luft mit Wasserdampf übersättigt sein, ohne daß es zur Niederschlagsbildung kommt. Daß dieses Flüssig- oder Festwerden dampfförmigen Wassers nicht anders als unter Wärmeabgabe und Druckverminderung vor sich gehen kann, ist klar und sollte nicht übersehen werden, schon weil durch die freiwerdende Wärme der Prozeß selbst verzögert wird. In Ländern, wo häufig solche Verdichtungen stattfinden, z. B. in Küstenländern mit Seeklima, ist aber diese Wärme auch ein nicht zu verachtendes Element des allgemeinen Klimas. Die Gründe für die Abkühlung und Verdichtung des Wasserdampfes sind: Mischung mit kalten Luftmassen, Ausstrahlung, Wärmeabgabe in Berührung mit kalten Körpern oder Abkühlung durch Ausdehnung.

Durch die Verdichtung des Wassers in der Luft bildet sich zunächst Nebel, aus Wassertröpfchen von durchschnittlich 0,02 mm Durchmesser bestehend, welche die Luft trüben, indem sie das Licht zurückwerfen. In ruhiger Luft bleiben diese Kügelchen in flüssigem Zustande noch bei —13°, angeblich sogar bei —23° schweben. Solche Luft sieht aus einiger Entfernung weißgrau aus und ist in Wirklichkeit nichts anderes als eine Wolke von größerer oder geringerer Dichte. Von einem Berggipfel sehen wir sie wie einen See, der im Sonnenlicht blendend weiß zu uns heraufwogt (s. die Abbildung, S. 469). Aber wir nennen gewöhnlich Nebel nur Verdichtungen in der dem Boden zunächstliegenden Luft. Am häufigsten entsteht Nebel, wenn der Boden kälter ist als die untersten Luftschichten. Daher die Nebelbildung nach kalten und klaren Nächten, in denen der Boden viel Wärme durch Ausstrahlung verloren hat. Oft sehen wir über feuchten Wäldern und Mooren schon des Abends ihre ersten Anfänge, wenn bei beginnender Abkühlung ein blauer Dunst sich herabzusenken und dann bald im Luftzug wie Schleier zu wehen beginnt. Daher auch die Häufigkeit der Nebelbildung im Herbst, besonders im Spätherbst, wo das Land rasch abkühlt, während das Wasser warm bleibt; da legen sich die Nebel über die Küstenstriche der deutschen Nordsee, denen die Monate Oktober bis Januar drei- bis fünfmal

mehr Nebel bringen als die Sommer- und Frühlingsmonate; dieser Nebelreichtum hat keinen kleinen Teil an der Überzahl von Schiffsunfällen überhaupt an den Nordseeküsten im November, Dezember, Februar und Januar. Auch über unseren Seen und Flüssen ist in dieser Zeit die Nebelbildung häufiger als sonst; der Grund ist derselbe, wenn auch nicht so greifbar wie, nach Obrutschew, in Irkutsk, das einen großen Teil des Herbstes in den aus der erst gegen Weihnachten gefrierenden Angara aufwallenden Nebel liegt, „einem riesigen Dampfbehälter gleich, dem dichte Wolkenmassen entsteigen".

Wo große Land- und Wasserflächen sich berühren, sind Nebel nicht bloß häufig wegen der Nähe der Quellen atmosphärischer Feuchtigkeit, sondern auch wegen der großen Temperatur-

Wolkenmeer vom Puy de Dôme aus. Nach Poulett Scrope. Vgl. Text, S. 468.

unterschiede, die hier hart nebeneinander liegen. Wasser und Land, kalte und warme Strömungen, Auftriebswasser und Eis, einmündende Flüsse, selbst Sümpfe und Wälder, alles das begünstigt die Nebelbildung. Wer Tage wolkenlosen Himmels auf der hohen See eines Passatmeeres hinter sich hat, sieht freudigen Herzens die horizontalen, lang hingestreckten, tiefen Wolkenbänke am Horizont, die das nahe Land verkünden; den Landenden umfängt an solchen Stellen Nebel, und zwar besonders oft in der warmen Jahreszeit, wenn der Landwind, hauptsächlich des Nachts, abgekühlte Luft ins Meer hinausträgt. An solchen Stellen liegen einförmige, hellgraue Wolkenschichten ohne sichtliche Bewegung den ganzen Tag über der Küste, höchstens am Abend kommt die Sonne heraus, und diese Nebel sind von einer gewaltigen linearen Verbreitung; besonders an der südwestamerikanischen und südwestafrikanischen Küste gehören sie jahraus jahrein zur Landschaft. Nebel als dunstiger, graulicher „Wasserhimmel" bezeichnet für den Polarfahrer die Stelle, wo offenes Wasser sich mit der Kälte des Treibeises berührt; Nebel bildet sich beim

Aufeinandertreffen kalter und warmer Meeresströmungen, so jener gefürchtete Nebel des Meeres um Neufundland, der immer dicht über kaltem Wasser liegt, und, wenn er weicht, nicht in die Höhe geht, sondern seitwärts abtreibt; er ist am dichtesten im Osten der Bänke, wo der Labradorstrom in das warme Wasser einbricht. Ähnlicher Natur, aber an das kalte Auftriebswasser der Küste gebunden, sind die dichten Hochsommernebel von Maine, welche die Sommerhitze dieses Nordoststaates der Union angeblich um fast 4° mäßigen; wenn aber bei Temperaturen von —15° in der Mündung des Piscatoqua Nebel lagern, führt man sie dort auf Golfstromwasser zurück. Umgekehrt begleiten Nebel den Weg des kalten Mississippiwassers in dem warmen Golf von Mexiko, scharf nach oben und den Seiten abgeschnitten, so weit, als man die Trübung des Stromes im Meere verfolgt. Nebelreich ist das mittlere Yangtsethal, wo die Feuchtigkeit des Monsunklimas mit der Abkühlung des kontinentalen Hochlandes zusammentrifft.

Wir blicken von unten nach den Bergen hinauf und sehen da und dort an einem klaren Morgen Wölkchen oder auch Wolken liegen oder schweben; das sind auch nichts als Nebel, die über kühlen Stellen sich gebildet haben. So liegen sie oft in breiten oder dünnen Flächen auf einem Karrenfeld, in dessen Rissen und Löchern noch Firn erhalten ist, oder schweben im Hintergrund eines Kahres über einem Gletscher oder einer kleinen Gruppe von Firnflecken. Wer sich im Gebirge auskennt, weiß aus solchen örtlichen Nebel- und Wolkenbildungen sogar die Oberflächenformen zu erraten. Solche Nebel bilden sich nicht gewöhnlich, sondern nur wenn feuchte und warme Luft herweht, und dadurch werden sie auch zu Verkündern eines Witterungswechsels. Es kann auch kommen, das vom kalten Lande der Wind über wärmeres Wasser hinstreicht und Nebel erzeugt, die der Schiffer heranwehen sieht, und die ihn plötzlich einhüllen. Das geschieht ungemein oft an den norwegischen Küsten, wo ein Hochland Luft von —20° bis —30° herabzusenden vermag über ein Meer, das zu jeder Zeit über dem Gefrierpunkt steht. Umgekehrt bringt tropischen Hochländern aufsteigende Luft Nebel: Ankober, Schoas frühere Hauptstadt, in 2800 m gelegen, hat um die Mittagsstunden dichte Nebel, die der aufsteigende Luftstrom wie Rauch aus den Thälern heraufwirbelt.

Es gibt viele Gegenden auf der Erde, die niemals Nebel sehen, andere, die fast ständig in Nebel gehüllt sind. Zu jenen gehören die trockenen Länder der subtropischen Zone, zu diesen niederschlagsreiche Regionen der gemäßigten und kalten Zonen, in denen auch andere Inseln den Namen „Nebelklippen" verdienen, welchen die im Sommer in lichte, im Winter in dichte Nebel gehüllten Färöer tragen.

Auf der Schneekoppe gibt es 241 Tage mit Nebel; in einem Drittel der Fälle handelt es sich allerdings nur um Morgen- oder Abendnebel. In dem nahe gelegenen Ebersdorf zählt man nur 35 Nebeltage im Jahr. Wer von mitteldeutschen Gebirgsgipfeln aus einen Fernblick genießen will, hat es nicht bloß mit den Nebelungeheuern, welche ganze Berge umschlingen, sondern auch mit milderen, mehr aus der Ferne wirkenden Feinden des Sonnenlichtes und des blauen Himmels zu thun: Dunst trübt die blaue Atmosphäre, als sei in ihre Klarheit eine trübende Flüssigkeit gegossen.

Von der Nebelbildung hängt die Dauer des Sonnenscheines ab, die im allgemeinen mit der Polhöhe ab- und mit der Entfernung vom Meere zunimmt. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika finden wir die geringste Dauer des Sonnenscheins im regenreichen Nordwesten und Nordosten und im Seengebiet, die größte im trockenen Südwesten. Tucson in Arizona hat Sonnenschein an 77 Prozent der Stunden, wo er möglich ist. In Europa bringt der Unterschied zwischen ozeanischem und mittelmeerischem Klima Unterschiede der Sonnenscheindauer, die sich von Nordwesten nach Südosten abstufen. Für Mitteleuropa kann 4450 als die Zahl der Stunden angenommen werden, wo Sonnenschein möglich ist. Aber von diesen haben

wirklich Sonnenschein nur 1400 auf den Britischen Inseln, also noch nicht ein Drittel, 1700 im mittleren Deutschland, 2000 in Österreich, 2400 in Italien und 3000 im Inneren Spaniens. Indische Stationen haben 70 Prozent der möglichen Sonnenscheinstunden, in England die begünstigtste Station Jersey immer nur 1853 Stunden, d. h. 39 Prozent. Die häufigsten und stärksten Nebel entstehen in den Morgenstunden, welche die größte Abkühlung bringen; ihre Bildung beginnt aber bei feuchter Luft schon des Abends und schreitet in der Nacht fort. Die in unserem Klima so häufig umnebelten Berge zeigen aber eine stärkere Nebelbildung am Morgen, und daher auch die häufigere Erscheinung der tiefliegenden Schichtwolken am Morgen.

Auf dem Schafberg fällt im Sommer auf die Morgenstunde 7 das absolute Maximum, auf die Abendstunde 9 das absolute Minimum der Nebel. Wenn im Sommer im allgemeinen die Wolkengrenze beträchtlich steigt, so bewirkt noch besonders die sinkende Luftbewegung mit ihrer Erwärmung die Auflösung der Wolken gegen Abend.

Die Nebel sind von sehr verschiedener Dichte. Meteorologen sprechen von Nebel bereits, wenn Gegenstände in 1,5 km Entfernung nicht mehr gesehen werden. In einem Bergnebel, der von unten als Cumuluswolke erschien, sah man nicht bis auf 30 m. Dünne Nebel, bei denen man nur erst von Duft spricht, sind bläulich, dichtere graulich, sehr dichte so weiß wie Wolken. Es gibt Nebel, die einen durchnässen, der wenige Schritte hindurchmacht, und ganz trockene. Nasse Nebel sind in Deutsch-Südwestafrika jene dichten grauen, die nur einem 30 km breiten Küstenstreifen eigen sind, landeinwärts dünner werden und selten über 100 km weit ins Land hineinreichen; ihnen ähnlich sind die Nebel und Nebelregen der kühlen Westküste Südamerikas (vgl. S. 234 und 249). Ähnlich sind an der Guineaküste ungemein dichte Nebel, deren Undurchsichtigkeit mit nordwesteuropäischen Küstennebeln wetteifert; zu ihrer Bildung tragen die dort häufigen Staubstürme bei. Die Zumischung von Staub und Ruß färbt die Nebel braun und gibt ihnen einen brenzligen Geruch. Derart sind die Nebel der großen Städte und schornsteinreichen Industriegebiete, auch die Nebel der Trockenzeit des äquatorialen Afrika, in denen der Rauch unzähliger Savannenbrände ist; bis an die äquatoriale Westküste reicht hier langdauernde Trübung des Himmels, Schwüle erzeugend, die den Beginn der Regenzeit mit ihrem Wechsel von Wolken und Klarheit dringend herbeiwünschen läßt.

Zu den trockenen Nebeln ist auch der Höhenrauch zu rechnen, der bei nördlichen Winden oft einen großen Teil von Mitteleuropa bedeckt, die Luft mit gelblichem Licht erfüllend, trübblutrote Sonnenuntergänge erzeugend. Früher hat man alle möglichen kosmischen Ursachen dafür gesucht. Als aber ein „trockener Nebel" oder Höhenrauch, der am 14. Juli 1863 an dem Genfer See, am Rigi, auch in den Ostalpen (Kremsmünster) beobachtet ward, von Leverrier in Verbindung mit Vulkanausbrüchen in Italien gesetzt wurde, konnte Prestel aus seinen Tagebüchern nachweisen, daß Ostfriesland starken Moorrauch, herrührend von den in dieser Zeit des Jahres ungewöhnlichen Moorbränden, gehabt hatte, und daß dabei Nord- und Nordostwind in einem großen Teil von Nordwestdeutschland geherrscht hatten, die den Rauch so weit getragen hatten. Überall, wo der Landmann Wald oder Gras verbrennt, um offenen und mit Asche gedüngten Boden zu erhalten, besonders auch im tropischen Afrika, ist dieser Höhenrauch häufig. Über den dabei in Betracht kommenden Einfluß des Staubes vgl. das oben, S. 409, Gesagte.

Die Eisnebel der Polargebiete und der Hochgebirge treten beim kältesten Wetter auf. Middendorf hat sie in solcher Stärke, daß die Sonne kaum durchzublicken vermochte, zu einer Zeit beobachtet, wo das Quecksilber im Thermometer gefror. Nordenskiöld hat Eisnebel von mehrtägiger Dauer bei seinem Winterhafen auf der Tschuktschenhalbinsel beobachtet; derselbe war dicht, überragte aber nur um einige Meter den Boden.

Wolken.

Eine Wolke ist eine Stelle in der Atmosphäre, wo Wasserdampf sich verdichtet. Solche Stellen sehen wir als Wolken, die scheinbar unbeweglich um einen Berggipfel liegen; auch die silberglänzenden Säume von Wolkenbildungen, die gerade noch über einen Bergkamm herüberragen, und die wie weiße Tücher über eine Hochfläche hingebreiteten und wie mit Fransen in deren Thälern herabreichenden flachen Wolken sind durchaus keine ruhigen, fertigen Gebilde. Wer aus einem sonnigen Thalgrund in den Wolkenring oder die Wolkenhülle eines Berges hineinsteigt, findet, daß dort, wo die Wolke sich bildet, Winde herrschen; die silberne, scharf umgrenzte Wolke, ein Bild der Ruhe, ist die Stelle eines heftigen Nebeltreibens, und zwar um so heftiger ist dieses, je dichter die Wolke ist. Diese Natur der Wolken hat schon Herschel mit den Worten bezeichnet: wenn eine Wolke nicht regnet, befindet sie sich stets im Prozeß des Entstehens von unten und der Auflösung von oben; und Dove formulierte denselben Gedanken noch schärfer, indem er sagte: eine Wolke ist kein Produkt, sondern ein Prozeß, sie besteht nur, indem sie entsteht und vergeht. Mit einem glücklich gewählten Bilde fährt er fort: niemand wird die weiße Schaumstelle in einem hellen Gebirgsbach, von der Höhe gesehen, für etwas Festes halten; und ist die Wolke, die den Gipfel des Berges umhüllt, etwas anderes? Es gibt allerdings auch Wolken, in denen der Verdichtungsprozeß langsamer verläuft; dazu gehören besonders die dem Boden aufruhenden flachen Wolken, eigentlich Bodennebel, das Erzeugnis einer langsamer vor sich gehenden Verdichtung in einer dünnen, dem Boden aufliegenden Luftschicht. Unterschiede des Tempos der Entwickelung zeigen uns ja schon die Wolkenformen selbst, die in dem einen Fall sich von Sekunde zu Sekunde verändern und in dem anderen lange Zeit wie bewegungslos an derselben Stelle des Firmamentes schweben. Aber gerade diese scheinbare Ruhe beweist für schwebende Wolken das Vorhandensein der inneren Bewegung; denn wenn auch die feinen Wassertröpfchen oder Eisnadeln, welche die Wolke bilden, nur sehr langsam fallen, würde doch die Wolke nicht so lange an derselben Stelle verharren, wenn nicht die Neubildung beständig fortschritte.

Cumulonimbus-Wolken. Nach Karl Singer. Vgl. Text, S. 473.

Über die Mächtigkeit der Wolken sind wir schon durch den einfachen Anblick insofern unterrichtet, als wir wohl sehen, daß es Wolken gibt, besonders Gewitterwolken, die vom Horizont bis zum Zenith Cumulus auf Cumulus türmen, und Schichtwolken, welche Berge von mehreren

1000 m lückenlos einhüllen. Die Wolkenringe an Bergen und hohen Inseln der Tropen schneiden oft oben und unten so scharf ab, daß leicht ihre Dicke von 1000 bis 1500 m zu messen ist. Außerdem liegen die Berichte von Luftschiffern vor, die Tausende von Metern in Wolken aufgestiegen sind. Barral und Bixio stiegen 1850: 5000 m durch eine Wolke, die meist aus unterkühlten Tröpfchen bestand; auch Aufstiege durch mehrere tausend Meter dicke Wolken, die unten aus Schnee, oben aus Eiskristallen bestanden, werden berichtet. Es ist wahrscheinlich, daß es Gewitterwolken nicht viel unter 10,000 m Mächtigkeit gibt. Je mächtiger die Wolken, desto reicher die Niederschläge. Wolken, aus denen Hagel fällt, scheinen bis über 6000 m Mächtigkeit zu haben. In den niederschlagsreichsten Tropen findet man wohl auch die mächtigsten Wolkenbildungen.

Aus der Fülle der Wolkenformen, deren Veränderlichkeit jeden Augenblick neue Gestalten schafft, treten doch vier Grundformen hervor, die zuerst Luke Howard unterschied und benannte, als er die Verteilung der Wolken in Cirrus, Cumulus, Stratus und Nimbus durchführte. Er sprach von ihnen als den einfachen, wohlunterschiedenen Formen, in denen jede Ansammlung kleiner Wassertröpfchen, die wir Wolken nennen, erscheinen, wachsen und wieder abnehmen kann.

Cirruswolken. Nach Karl Singer.

Er nannte Cirrus die parallelen, gebogenen oder divergierenden Faserwölkchen, die sich nach allen Richtungen hin vergrößern können, Cumulus gewölbte oder konische Wolkenhaufen (s. die Abbildung, S. 472), die von einer horizontalen Unterlage aufwärts wachsen, Stratus einen ausgedehnten, zusammenhängenden, horizontalen Streifen, der von unten her zunimmt, Nimbus die Regenwolke. Als Mittelformen bezeichnete er den Cirrocumulus: kleine, wohlbegrenzte, rundliche Massen, dicht horizontal gereiht; Cirrostratus: horizontale oder leicht geneigte Massen, nach einem Teil ihres Umfanges oder nach dem Ganzen hin verdünnt, herabgebogen oder wellig, getrennt oder in Gruppen auftretend; Cumulostratus: der Cirrostratus in Verbindung mit dem Cumulus, mit dessen Anhäufungen er innig verbunden ist, oder dem er eine ausgebreitete Unterlage bietet. Diese Klassifikation ist durch die schärfere Bestimmung der Hauptformen und durch die Unterscheidung von Nebenformen weitergebildet worden, wobei die höheren, dem Cirrus verwandten, für die Kenntnis der Witterungsvorgänge wichtigsten Formen mehr hervortraten. Man unterscheidet jetzt: Cirrus: weiß, zart, federig, manchmal streifig angeordnet (s. die obenstehende Abbildung). Cumulus: dick, geballt, unten flach, oben aufquellend. Nimbus: dickschichtig, düster, verschwommen (Regenwolken). Stratus: vom Boden gehobener Nebel, niedrig, grau, strukturlos (s. die Abbildung, S. 474). Cirrostratus: weißlicher zarter Schleier, der dem Himmel ein milchiges Ansehen gibt; Cirrocumulus: Flocken und Bällchen, weiß (Schäfchenwolken); Altocumulus: ähnlich dem Cirrostratus, größer, oft graulich (s. die Abbildung, S. 475); Stratocumulus: graue Ballen, oft den ganzen Himmel bedeckend; Cumulostratus: große Ballen dunkler Wolken.

Man wird mit der Zeit noch weitere Wolkenarten unterscheiden, besonders an der Hand vergleichender Wolkenforschungen in verschiedenen Klimagürteln. Das Kreissegment dichtgedrängter Haufwolken, mit denen ein Pampero und ähnlich ein Staubsturm im westlichen Nordamerika heraufzieht, die scharf umrandeten, kleinen, weißleuchtenden Haufwolkeninselchen des blauen Passathimmels, die hohen türmenden Cumuluswolken der Äquatorialzone, der massige, hochgetürmte Cumulus im Zentrum eines Wirbelsturmes, sogar die scharf abgegrenzten Haufwolken über den Grasbränden Innerafrikas oder Mato Grossos sind Beispiele für wohlerkennbare geographische Varietäten.

Die Grundfarben der Wolken sind weiß und grau. Ihr Weiß ist weniger blau, sondern durch Lichtbrechung und Durchleuchtung gelblicher, rötlicher, bräunlicher als das Weiß des beleuchteten Wasserstaubes in flüssiger oder fester Form, das wir als die Farbe des Wassersturzes und des Schnees kennen; ihr Grau ist das ins Veilchenblaue stechende, das uns ein beschattetes Schneefeld zeigt. Die höchsten Wolken sind weiß, weil sie nicht beschattet sind; daher gehört das Weiß der „Silberwölkchen" zu den Merkmalen der Cirruswolken, deren mittlere Höhe die der größten Himalayagipfel übertrifft. Je tiefer die Wolken stehen, und je mächtiger ihr eigener Durchmesser, desto öfter sind sie auch beschattet, und daher sind die langen, dauerhaften Schichtwolken, die selten über 1500 m hoch liegen, und die Unterseiten der Wolkenhaufen und -berge oft so tief beschattet, daß sie uns in drohendem, düsterem Schwarzgrau erscheinen. Unter ihnen gibt es Wolken, die so dunkel sind, daß nur ihre etwas helleren Ränder sie noch kenntlich machen. Das eigene Blau des flüssigen Wassers und des massigen Eises und seine Abtönung in Grün kommt in den Wolken nicht vor; ihr Blau ist Durchschein der Himmelsbläue oder Zurückwerfung derselben, geradeso wie die roten und gelben Töne der Wolken bei Sonnenauf- und Sonnenuntergang; in reinem Hellblau dringen oft aus Wolkenspalten die gebrochenen Sonnenstrahlen, in denen der Hawaïer die Taue sieht, mit denen der Schöpfergott Maui die Erde an die Sonne band (s. die Abbildung, S. 476).

Altostratus-Wolken. Nach Karl Singer. Vgl. Text, S. 473.

Die Höhe der Wolken ist am größten beim Cirrus, für den 10—11,000 m nachgewiesen sind, Cirrocumulus liegt ziemlich beständig zwischen 7500 und 6500 m, Altocumulus kommt zwischen 6400 und 3200 m vor, Stratocumulus tritt beständig zwischen 2300 und 1800 m auf, und die Unterseite des einfachen Cumulus liegt im Mittel zwischen 1400 und 1800 m. Dies sind sommerliche Höhen; die winterlichen sind im allgemeinen geringer. Im August ist nach den Beobachtungen des Blue Hill-Observatoriums in Nordamerika die Höhe aller Wolkenformen am größten. In jeder Landschaft gibt es Höhen, in denen Wolken

Das Kamerungebirge, von der Kamerunbai aus gesehen; links der kleine, rechts der große Pik.

Nach einer Photographie gezeichnet von O. Schulz.

besonders häufig und oft mit auffallender Beständigkeit wiederkehren. Man spricht daher von der „*Wolkenregion*“ wie von einer Höhenzone von fester Lage. Das ist zwar zuviel, da sowohl jahreszeitliche als tägliche Schwankungen vorkommen; aber in den Tropen kann man allerdings bestimmte Höhen annehmen, in denen die Verdichtung des Wasserdampfes zu Wolken immer wiederkehrt. Ebenso kann man auch in den Alpen von einer Wolkenregion in 1500 bis 2000 m sprechen, in der im Sommer die nachmittägliche Verdichtung des aufsteigenden Wasserdampfes am häufigsten stattfindet.

Scott Elliot bezeichnet als das Merkwürdigste am *Ruwenzori* die weiße Wolke, die seinen Gipfel fast beständig einhüllt. Morgens reicht sie bis etwa 2000 m herab, geht aber tiefer in den Thälern und am Nord- und Südende der Kette. Fast genau parallel mit der Wolke zieht die Grenze des Waldes, ebenfalls tiefer in den Thälern und an dem Nord- und Südende. Von 10 Uhr in der Frühe an steigt die Wolke und ist in der Regel um 5 Uhr 30 Min. verschwunden: die einzige Zeit des Tages, wo man den Berg in seiner ganzen Größe mit *einem* Blicke sieht. Dann stürzt zugleich in die gerade auf den Schneegipfel hinführenden Thäler ein ungemein heftiger Wind, der um 7 Uhr fast spurlos verschwunden ist. Natürlich weht der Wind nicht, wenn es unten regnet, denn dann fehlt der Unterschied zwischen dem stark erwärmten Thal und dem kalten Schneeberg. Am Pik von *Kamerun* liegt der Wolkenring fast gleichmäßig jahraus jahrein bei 900 m, die geringere Höhe entspricht wohl der größeren Feuchtigkeit dieses ungemein niederschlagsreichen Gebietes. Inseln der Passatmeere sind fast immer von Wolkenstreifen umrandet und durchschnitten. Christ sagt von den *Kanarien*: „Wolkenbänke, ringförmig um die Höhen der Inseln gelagert, sind ein fast nie fehlender Zug ihrer Landschaft.“ Im Sommer hält sich der Wolkenring auf dem Grate der Cumbre zwischen 1200 und 2000 m, und im März liegt er regnend über dem Litoral; dabei ist er stärker auf der Nord- und Nordwest- als auf der Südseite entwickelt. In dieser Region faßt der Kanarier seine Quellen, in jedem Barranco ist genau an dieser Stelle eine Madre-Agua, eine Brunnenstube. Die Wolkenringe der *Hawaïschen Inseln* erheben sich selten über 2400 m; ihre untere Grenze schwankt je nach der Jahreszeit um 600 m. Im *Nordwesthimalaya* sinkt infolge großer Sättigung mit Wasserdampf die Wolkendecke in der Regenzeit bis 1000 m, während sie in der Trockenzeit bei 2700 m liegt. Eine oft beschriebene Wolkenbildung in immer gleicher Höhe ist das „Tafeltuch“ (s. die Abbildung, S. 477) des südlich von der Kapstadt als 7 km langer und 1100 m hoher Wall sich erhebenden *Tafelberges*, eine Wolke von imposanter Breite, oben flach, die Ränder wie Fransen über den Nordabhang herabhängend; sie erscheint bei Südostwinden und steigt nach einiger Zeit herab, um einige 100 m tiefer sich langsam aufzulösen.

Altocumulus-Wolken. Nach Karl Singer. Vgl. Text, S. 473.

Die Geschwindigkeit der Wolken wächst mit der Höhe. Die Wolken haben in 2000 m die Geschwindigkeit eines heftigen Windes, in 8000 m ist ihre Geschwindigkeit nur mit der im

heftigsten tropischen Orkan vergleichbar. Höher sind Geschwindigkeiten von 103 m in der Sekunde beobachtet worden, die schon zu der des Schalles überleiten. Natürlich haben die Wolkenformen der Höhe eine größere Geschwindigkeit als die der tieferen Schichten; Cirrus segelt 3—4 mal so rasch als Cumulus. Im Winter ist in den gemäßigten Zonen die Geschwindigkeit der Wolken größer als im Sommer. Für das Vorkommen bestimmter Wolkenformen ist es wichtig, daß in der Zunahme der Wolkengeschwindigkeit mit der Höhe eine Abnahme gerade dort eintritt, wo die Mehrzahl der Schichtwolken liegt.

Den Raum, den die Bewölkung am Firmament einnimmt, schätzt man in Zehnteln des ganzen beobachteten Teiles des Himmelsgewölbes. An jedem Tage wird die Bewölkung des

Die „Taue Mauis" der Hawaïer. Nach Abercromby, „Seas and skies". Vgl. Text, S. 474.

Nachts und Morgens unter dem Einfluß der Abkühlung, des Mittags und Abends unter dem der Erwärmung stehen. Daher sehen wir so oft die Sonne beim Aufgang ihre Bahn durch niedere Schichtwolken brechen, Nächstverwandte der Morgennebel, die sie im Laufe des Vormittags auflöst, worauf neue, und zwar Haufwolken, mit dem Fortschritte der Erwärmung und der aufsteigenden Luftströme sich bilden; gegen Abend sinken die Wolken, lösen sich auf, öffnen der Sonne ein Thor, um das sie oft in landschaftlich ungemein anziehender Weise symmetrisch gelagert sind (s. die Abbildung, S. 478). Daher stärkste Bewölkung am Morgen und Nachmittag, geringste gegen Abend. Wo die abkühlenden Ursachen vorwalten, herrscht mehr der Typus unserer morgendlichen Bewölkung, während ähnliche Erscheinungen wie unsere mittägliche für die feuchtwarmen Tropenländer bezeichnend sind. Auf Berggipfeln macht sich der Einfluß der aufsteigenden Luftmassen durch die häufige mittägliche und nachmittägliche Bewölkung geltend, während an nebelreichen Seeküsten die Sonne auflösend und klärend wirkt und wolkenlose Tage

auf unwölkte Nächte und Morgen folgen läßt. Es ist eine ganz allgemeine Erscheinung in den Tropen, daß im Laufe des Tages sich Wolken bilden und wieder auflösen: heller Morgen und Abend, bewölkter Mittag. Auf dem Hochland Deutsch-Ostafrikas ist der Himmel morgens gewöhnlich heiter, bedeckt sich vormittags mit graulichweißen, schweren Cumuli, die gegen Abend wieder verschwinden. Wenn in gewitterreichen Gegenden der täglich wiederkehrende Gewitterregen aus den Haufwolken niedergeströmt ist, bleibt ein weißlicher Wolkenhauch unbewegt am Himmel stehen, während der Horizont sich vollständig geklärt hat: ein merkwürdiger Gegensatz zu dem Toben und Wolkenschieben von vorher.

Das sogenannte „Tafeltuch" über dem Tafelberg bei Kapstadt. Nach Photographie der Valdivia-Expedition. Vgl. Text, S. 475.

Die jahreszeitliche Verteilung der Bewölkung hat natürlich eine große Ähnlichkeit mit der der Niederschläge: fast überall ist die Trockenzeit die Zeit klaren Himmels, die Regenzeit die Wolkenzeit. Nur wo in der Trockenzeit Trübungen so häufig sind, wie in Äquatorialafrika infolge der Waldbrände, und die Regenzeit sich in kurzzeitige Regengüsse mit klaren Zwischenräumen auflöst, erleidet die einfache Regel Ausnahmen. Auch bei den Windstillen, die in Costarica dem Passat folgen, trübt sich der Himmel, wird dunstig wie von Höhenrauch, die Sonne glüht rot durch den Schleier, und ein ähnlicher Zustand tritt wieder mit der Windstille am Ende der Regenzeit ein. In den Polargebieten sind die Sommer reich an Bodennebeln. In den gemäßigten Zonen sind die Spätherbste und Winter wolkenreicher als die Sommer; und während die Schichtwolken im Winter vorherrschen, ist Cumulus die Sommerwolke. Dagegen sind Herbst und Winter, während deren im Tiefland die Cyklonen mit Bewölkung herrschen, in

den Alpen und Pyrenäen die Zeit häufiger Anticyklonen mit wolkenlosem Himmel. Die häufige Umwölktheit der Gipfel im Frühjahr und Sommer ist die Ursache, daß sie nicht in der Summe sonniger sind als das Tiefland.

So wie die Wolken in ihrem Kommen und Gehen die Wetterboten sind, welche Regen und oft auch Sonnenschein ankünden, so werden, wo das Jahr in eine trockene und feuchte, eine Zeit mit klarem und eine mit trübem Himmel geteilt ist, die Wolken zu Boten der Jahreszeiten, die man gleichsam mit der Wolkendecke langsam am Horizont heraufwachsen und sich ausbreiten sieht; gleich dem Gewitter, das als ein Kreissegment von Wolken am Horizont in

Wolken über dem Meer bei Sonnenuntergang. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 476.

Stunden heraufzieht, kommt die Regenzeit mit Wolken an, die sich von Tag zu Tag verdichten und ausbreiten. So zeigen im zentralen Sudân die Ankunft der Monsunregen West- und Südwestwinde mit leichten Wolkenbildungen an, die zuerst im Laufe des Tages dem Passat Platz machen, der, mit der Zeit aus den unteren Schichten verdrängt, nur noch in dem Zuge der oberen Wolken nach Westen zu erkennen ist. Häufen sich dann die Regenwolken im Osten, so erhebt sich der Ostwind und treibt sie regenbringend nach Westen zurück. Ähnlich nach Pechuels Schilderungen in Südwestafrika: Haufenwolken, die sich morgens auftürmten, ziehen bis Mittag in den Zenith, mit jedem Tag rücken sie weiter westlich, und mit jedem Tag werden sie auch dichter, wird das Wetterleuchten im Osten stärker, endlich der Donner vernehmbar. In den Llanos von Venezuela sah A. von Humboldt gebirgsgleich scharfgezeichnete Wolken beim Nahen der Regenzeit sich am Horizont auftürmen, die sich langsam in Dunst auflösten und einförmig das Firmament überzogen, worauf die Regen eintraten. Zugleich sinken die Wolken,

die zuerst in der Höhe sich bildeten, mit fortschreitendem Regen tiefer, bis sie als dichte Nebel unmittelbar dem Boden aufliegen.

Von der geographischen Verbreitung der Wolken und der Bewölkung sagt H. Dove: „Die bald entstehenden, bald vergehenden Wolken sind im allgemeinen ein auf den Himmel projiziertes Bild des Bodens"; die Bewölkung ist stärker über dem Meere und den Küsten als über den großen Landmassen, stärker über feuchten als trockenen Ländern, stärker über Hochland als über Tiefland. Am wolkenärmsten sind die Passatgebiete, am wolkenreichsten der Äquatorialgürtel, alle Gebiete ozeanischen Klimas und die Polargebiete, vielleicht mit Ausnahme eines anticyklonalen Inneren. Deutlich sieht man die Teilung Europas in einen bewölkten ozeanischen Westen und einen nach Osten immer klarer werdenden kontinentalen Osten (s. die Karte der Bewölkung auf der Kartenbeilage bei S. 491). Selbst in kleineren Gebieten unterscheiden wir wolkenfreiere, sonnigere von bewölkteren, trüberen Strichen. In Mitteleuropa ist die Bewölkung am größten in den Küstenländern und am Rande der Alpen, wo örtliche Wolkenbildungen auf den Firnfeldern und den kühlen Karrenflächen und über den firnreichen Kahren auch an den sonnigen Tagen sich täglich erneuen. In Osteuropa nimmt die Bewölkung vom Weißen Meer zum Kaspischen See ab; auf der Kolahalbinsel gibt es im Jahre 200 trübe Tage, in den Steppen von Westturkistan nur 60; die Bewölkung des ganzen Jahres verhält sich zwischen Nowaja Semlja und den Steppen südlich vom Aralsee wie 7:1, in Ostsibirien zählt man im Binnenland 65 ganz trübe Tage, an der Küste 101. Ähnlich nimmt auch im gemäßigten Südafrika, den Südwesten ausgenommen, die Bewölkung von der Küste binnenwärts ab. Während in den feuchtwarmen Tropen jeder Nachmittag die großartigsten Haufwolkengebirge auftürmt, hat Nansen bei seiner Durchquerung Grönlands gar keine Haufwolken gesehen, Cirrus und Cumulostratus waren am häufigsten. Parry meint offenbar dasselbe, wenn er sagt, „wohlbegrenzte Wolkenformen" seien am polaren Winterhimmel fast unbekannt. Die tiefsten Formen des Stratus, auf die man oft schon vom Mastkorb herabschaut, so fest liegen sie auf der Meeresoberfläche, herrschen in den Polargebieten vor. Cirrus gibt es nach der Natur seiner Entstehung in allen Zonen häufig. Cumulus ist wie die Sommer- so die Tropenwolke.

Trübe, dunstige Tage ohne eigentliche Wolkenbildung sind bei dieser Klassifikation zwar nicht unterzubringen, gehören aber nach ihrem Einfluß auf die Lebensvorgänge und auch auf unsere Stimmung näher zu den bewölkten als den klaren. Die Beobachtung der Tage mit Sonnenschein und der Sonnenscheindauer (s. oben, S. 470 u. f.) muß das Bild vervollständigen, das uns die Wolkenbeobachtung vom Zustande des Himmels entwirft.

Der Regen.

Die Natur des **Regens** hängt von der Temperatur der Luft ab. Mit zunehmender Wärme steigert sich überall die Dichtigkeit des Niederschlags. Die Polargebiete haben wie die Hochgebirge die feinsten Schneeniederschläge, und wir sehen dieselben gelegentlich an Frosttagen auch bei uns fallen, während der Frühlingsschnee durch seinen Wasserreichtum, d. h. durch seine Dichte, ausgezeichnet ist. Staubfeine Regen, von Nebeln oft nicht zu unterscheiden, die „Garuas" der nordchilenischen und peruanischen Küste, ersetzen die Regen in den Küstengebieten, die von kühlem Meer bespült werden, und in großen Höhen. Sie gehören unseren Berggipfeln von 2000 m Höhe so gut an wie den Andenhochländern von 4000 m und dem Hochlande von Mexiko in 3000 m. An der Küste von Peru erscheinen diese Nebel im Mai als dünner Schleier, der immer dichter wird, bis er im Oktober sich wiederum lichtet. Seine mittlere Höhe beträgt

300 m. Jenseits finden starke Regen statt. Ebenso gehen sie nordwärts an der Küste von Ecuador in Regen über. Dieselbe Abhängigkeit von der Temperatur zeigt auch die jahreszeitliche Verteilung der Wassermengen jedes einzelnen Regens und jedes Regentages.

Die größten Niederschlagsmengen an einem Tage fallen in Stuttgart am häufigsten im Juni, dann im August, Juli, September, so daß 70 Proz. aller Fälle diesen vier Sommer- und Herbstmonaten gehören; je 3 Fälle kommen auf November, April, Mai, 2 auf Januar, 1 auf Oktober, Dezember, Februar und März.

Wenn die feinen Wasserkügelchen, welche die Wolke oder den Nebel bilden, sich vergrößern, werden sie zuletzt so schwer, daß sie nicht mehr in der Luft schweben können, und fallen als Regen nieder. Von dem Nebel, dessen Tröpfchen so klein sind, daß man sie nicht fühlt, durch den nässenden Nebel und den Regen aus Nebel, den man in Bayern Nebelreißen nennt, führt eine Stufenleiter zu dem Regen mit weit zerteilten, großen Tropfen von mehr als 2 mm Durchmesser und endlich zu dem Guß oder Platzregen, der in wenigen Sekunden den Boden unter Wasser setzt. Entsprechend den Regenmengen scheinen auch die Regentropfen in den warmfeuchten Erdgürteln am größten zu sein und, da ihr Gewicht mit der Größe wächst, mit der größten Kraft zu fallen. Solche Regen wie die, denen man in Uganda einen besonderen Namen beilegt, weil sie die Samenstacheln gewisser Gräser abschlagen, scheinen in der tropischen Pflanzenwelt eine Anzahl von Anpassungen bewirkt zu haben, die den Schutz der Blätter gegen Zerschlagen und das raschere Abfließen des Wassers bezwecken. So wie die Wolkenbildung in den meisten Fällen ein Vorgang von größerer Dauer ist, ist es auch das Regnen. Der ersten Aufwärtsbewegung, die Regen hervorbrachte, folgen weitere und sorgen für die Fortdauer des Regens. Dabei begünstigt wenigstens bei den ausgiebigen tropischen Regen freiwerdende latente Wärme des Wasserdampfes Aufwärtsbewegungen der Luft, und darin liegt wiederum eine Gewähr der Fortdauer der Regen. Wenn es auch wahrscheinlich ist, daß die größte Menge des Regens in den Wolken durch Zusammenfließen der Nebeltröpfchen entsteht, regnet doch, besonders bei andauerndem Regen, die Wolke nicht allein und schneit noch weniger allein; es regnet vielmehr die ganze Dunstmasse unter ihr mit, und noch mehr schneit sie mit, indem sie die Schneekristalle bereift oder betaut. Im Sommer sind die Regen nicht bloß darum ausgiebiger, weil mehr Wasserdampf in der Luft ist, sondern auch wegen der größeren Dunstmasse, durch die der Regen aus den im Sommer höher gehenden Wolken hindurchfällt.

Über Niederschläge in fester Form haben wir im Kapitel „Schnee und Firn“, oben, S. 298 u. f., gesprochen. Bezüglich der Verbreitung möchten wir dem dort über die äquatorialen Schneefallgrenzen Gesagten noch hinzufügen, daß Hagel im inneren Tropengürtel seltener vorkommen als in den gemäßigten Zonen, nach außen aber rasch zuzunehmen scheinen, wie denn schon in Tonga Hagel häufiger ist als in Samoa. Im nördlichen Indien sind schwere Hagelfälle nicht selten: daß aus Gewitterwolken einzelne größere Eisstücke herabfielen, ist mehrfach beobachtet worden. Auch in tropischen Gebirgen fällt Hagel. Die Angabe Blanfords, Graupeln seien in Indien unbekannt, klingt bei der Verbreitung der Graupeln in den Gebirgen unwahrscheinlich.

Verschiedene Arten von Regenfällen.

Starke Niederschläge, auf enge Zeiträume zusammengedrängt, stehen schwachen, aber häufigeren Niederschlägen gegenüber. Die Summe des dabei zur Erde kommenden Wassers kann dieselbe, die Wirkung auf den Boden, auf die Pflanzenwelt, auf das Leben der Menschen und nicht zuletzt auf die Landschaft kann in manchen Beziehungen sehr verschieden sein. Daher

genügt die einfache Angabe der Höhe der Niederschläge nicht, man muß mindestens wissen, auf wieviel Tage sie sich verteilen.

Unter Regenwahrscheinlichkeit versteht man den Quotienten aus der Division der Zahl der Regentage eines Monats durch die Zahl der Monatstage. In Wien ist die Regenwahrscheinlichkeit im Juli 0,4, auf Lesina 0,1. Man kann also rechnen, daß in Wien im Juli auf 10 Tage 4 Regentage, in Lesina 1 Regentag kommen. Aber auch die Verteilung auf die Stunden des Tages kann wichtig sein. Ein deutscher Regentag mit 24 Stunden „Landregen" ist etwas anderes als ein Tropenregentag mit einem sündflutartigen Regen, der in einer Stunde oder zwei abgemacht ist. Dieselbe Regenmenge in vielen kleinen Dosen bedeutet mehr für die Durchfeuchtung des Bodens als heftige Güsse, bei denen das meiste Wasser an der Oberfläche abfließt. Auch ist bei vielen kleinen Regen in der Regel die Luft feucht, der Himmel bewölkt, die Verdunstung also erschwert. Wenn dagegen nach einem Wolkenbruch die Sonne von wolkenlosem Himmel niederstrahlt, ist der Boden in kurzer Zeit trocken. Heftige Regen schlagen den Boden fest. Die Kraft und Ausgiebigkeit tropischer Regen befeuchtet den Boden selbst noch unter dem dichtesten tropischen Laubdach viel mehr, wenn auch ganz allmählich, als im gemäßigten Klima. Ohne das wäre der üppige Wuchs des Unterholzes dort undenkbar. Die ausgiebigsten Regen finden wir in den Tropen. Ein Tropenregen, der in einem Tag die Hälfte des ganzen Jahresniederschlags eines mitteldeutschen Ortes bringt, ist nicht selten. Dagegen ergibt ein Nebelregen in einem ganzen Tage kaum eine meßbare Feuchtigkeitsmenge. In der kalten gemäßigten Zone übersteigt die Regenmenge eines Tages selten 100 mm. Es ist ein ganz seltener Fall, wenn in Wien am 15. Mai 1885 von 7 Uhr morgens bis zur gleichen Stunde des 16. Mai 139 mm Regen und Schnee fielen. Für die Ergiebigkeit der Regen haben wir Angaben, die für Südnorwegen in Millimetern der Regenstunde 0,87 für den Sommer, 0,78 für den Herbst, 0,53 für den Winter und 0,50 für den Frühling geben.

Im allgemeinen wächst mit der Regenmenge auch die Dauer des Regens. Aus einer Untersuchung von Köppen über die mittlere Dauer des Regens an einem Regentage geht hervor, daß im mittleren Deutschland 4,2 Stunden, in Süddeutschland 6, an der deutschen Ostseeküste 3,9, im nördlichen Norwegen 10,8, in Arizona 2,6 auf einen Regenfall kommen. Wo Regenzeiten zwischen regenlose Zeiten eingeschaltet sind, kommen Regen von mehrtägiger Dauer häufig vor. In Mittelamerika dauern die Winterregen, die man wegen ihres Auftretens in der Weihnachtszeit Navidades nennt, oft 2—3 Wochen mit ununterbrochener Bewölkung.

Die Verbindung reicher Niederschläge mit Trockenheit der Luft ist eine Eigentümlichkeit kontinentaler Monsunklimate, die in Ostasien ebenso auffällt wie im östlichen Nordamerika. In beiden durchkreuzen kontinentale Nordwestwinde ozeanische Süd- und Südostwinde, Trockenheitsbringer die Feuchtigkeitsträger. Daher mächtige Sommerregengüsse, sehr oft mit Gewittern verbunden, und ein Wechsel halbtropischer Luftfeuchtigkeit mit starker Verdunstung. Die Feuchtigkeit ruft eine reiche Vegetation hervor, nährt die Kultur des Maises und Reises, während die Trockenheit ebendort für die Menschen lästig, vielleicht sogar schädlich wird.

Die jährliche Verdunstung ist schon in den atlantischen Teilen der Vereinigten Staaten von Amerika doppelt so groß wie in England. Die im Vergleich zu Gegenden mit ähnlicher Jahreswärme in Europa große Zahl heller Tage ist ein Ausdruck für die mangelnde Sättigung der Atmosphäre mit Wasserdampf. Im täglichen Leben zeigt sie sich in den bekannten Thatsachen des raschen Austrocknens des Brotes, in der frühen Beziehbarkeit der neugebauten Häuser, im leichten Wäschetrocknen u. dergl. Die Amerikaner schieben auch die Schuld für ihr nervöses Temperament und für die Magerkeit und Sehnigkeit ihrer Körper auf die trockene Luft. Der geringe Feuchtigkeitsgehalt zeigt sich auch schon in

den atlantischen Staaten darin, daß den Wäldern unterhalb einer Höhe von etwa 400 m jeder reichlichere Mooswuchs abgeht. In derselben Richtung deutet die Thatsache, daß eine Kakteenart ihr Verbreitungsgebiet bis nach Neu-England erstreckt.

Wenn wir von den Gegenden mit bewölktem Himmel und häufigen, andauernden, leichten Niederschlägen äquatorwärts gehen, treffen wir schon in der wärmeren gemäßigten Zone eine andere Art von Regen, durch kürzere Güsse bezeichnet, zwischen denen längere Zeit der Himmel hell bleibt. Das sind die Regen des Mittelmeerklimas, von denen Christ im „Klima von Lugano" sagt: „Die häufigen und ausgiebigen, aber kurzen Regengüsse, zwischen denen die Sonne warm herniederstrahlt, lösen das Problem möglichst reichlicher Niederschläge bei einer möglichst großen Zahl klarer Tage." 1885 regnete es in Paris an 169 Tagen 752 Stunden lang, und es fielen 603 mm Regen; in Perpignan (Golfe du Lion) regnete es an 71 Tagen 308 Stunden, und es fielen 541 mm. Es ist also bei nahezu gleichem Regenfall die Zahl der Regentage und Regenstunden in Perpignan fast um die Hälfte kleiner als in Paris.

Dasselbe tägliche Wachsen und Abnehmen wie die Bewölkung zeigen auch die Niederschläge, die ein Maximum fast zur gleichen Zeit, um 2 Uhr nachmittags, und ein zweites Maximum am frühen Morgen erreichen, während Minima gegen Mittag und um Mitternacht eintreten. Wie die wärmsten Gegenden der Erde, so haben die wärmsten Stunden des Tages die reichlichsten Niederschläge; es ist auch hier, nur durch zahlreiche Störungen mehr verhüllt, der aufsteigende Luftstrom der Tropen der Grund. Gegen das Ende der tropischen Regenzeit regnet es mit abnehmender Wärme immer später am Tag; Ausnahmen von dieser Regel zeigen manche Tropengegenden mit starken Niederschlägen, deren größte Menge des Nachts fällt. Kamerun gehört zu den Gegenden mit nächtlichem Regenmaximum. In Java fallen wohl die gewöhnlichen Regen in der Mehrzahl bei Tag, aber die Gewitter der Regenzeit sind am häufigsten in der Nacht. In Labuan gibt man für den Nachtregen an, der nächtliche Landwind treibe die Wolken von Borneo herüber; das klingt ganz gut, doch dürfte diese Erklärung nicht für andere Fälle gültig sein. Die Regen des Tages mit deutlicher Zuteilung an einen Zeitraum sind die Gewitterregen, die zwischen 3 und 6 Uhr am meisten fallen; die Regen der Nacht und des frühen Morgens sind oft Nebelregen; weitverbreitet ist die Regenlosigkeit der Vormittagsstunden.

Steigungsregen.

Die Hauptursache des Regens ist die Abkühlung der aufsteigenden Luft durch Ausdehnung. Ob dieses Aufsteigen an dem Höhenzug stattfindet, der sich einem Luftstrom stauend entgegenstellt, oder ob es der Auftrieb warm und leicht gewordener Luft in einer kühleren Umgebung ist, es läßt Niederschläge entstehen und vermehrt sie, solange der Aufstieg dauert. In den Tropen, wo Mischung ineinander fließender Luftmassen nur in geringem Maße vorkommt, sind fast alle Regen Steigungsregen. Selbst die Monsune und Passate bringen dorthin am meisten Niederschläge, wo sich ihnen Höhen entgegenstellen, an denen sie aufsteigen, oder wenn sie in ein erwärmtes Gebiet hineinwehen, wo sie von aufsteigenden Bewegungen erfaßt werden. Auch Anschwellung eines Luftstromes durch Stauung infolge von Reibung oder Auftreffen auf einen anderen bringt Niederschläge. Umgekehrt bringen selbst Seewinde Trockenheit, die über ein glattes Land hinwehen, und aus demselben Grund und wegen des Mangels an örtlichen Auftrieben regnet es über dem Meere weniger als über dem Land. Auf dem Lande dagegen genügen schon mäßige Erhebungen, um die Niederschläge zu steigern. Schon Rohrbrunn im Spessart hat 23 Niederschlagstage mehr als Aschaffenburg, über dem es 340 m liegt. Auf dem

sächsischen Abhang des Erzgebirges wachsen von 100 bis 400 m die Niederschläge von 570 auf 730, in den nächsten 500 m auf 950 mm. Steigt man in den Alpen den Arlberg von Westen hinan, so findet man in Bludenz bei 560 m 1190 mm, in Langen bei 1220 m 1840 mm, in St. Christoph bei 1790 m 1890 mm. Steigt man dann auf der Ostseite hinab, so findet man in Landeck bei 810 m nur noch 610 mm Niederschlag: das ist nicht bloß die Wirkung des Abstieges in tiefere Lagen, sondern es zeigt sich hier ein neuer Einfluß: die Lage hinter der Gebirgsschranke, die die waltenden Regenwinde auffängt, oder im Regenschatten. Nicht bloß diese Örtlichkeiten, sondern das ganze Oberinnthal hat schwache Niederschläge, und ähnlich ist das Wallis trocken im Vergleich mit den regenreichen Außenseiten der Alpen im Norden wie im Süden. Entsprechend ist das Verhältnis im Himalaya: Srinagar, bergumgeben im oberen Dschehlamthal, hat 940 mm Niederschläge, die Außenseite seiner Berge über dreimal mehr. So liegen auch an der Außenseite der norwegischen Fjorde Stationen mit 1600—1800 mm, während im Hintergrunde derselben nur 400—500 mm fallen.

Auf den Gebirgsinseln des Stillen Ozeans kann es wohl vorkommen, daß die Niederschläge der Luvseite das Zehnfache der Niederschläge der Leeseite ausmachen. Auch Puerto Rico erhält reichliche Regen auf der Nordseite vom Passat, die Südseite aber, durch eine 900 bis 1200 m hohe Bergkette getrennt, liegt oft ein ganzes Jahr lang trocken. Indessen ist der Unterschied nicht überall so schneidend. Wo den Passat monsunartige Winde ablösen, können diese auch der Gegenseite Regen bringen. So erhält die Südseite der Samoa-Inseln ihren Regen in der Regel beim Südostpassat, die Nordseite aber während der veränderlichen Nordwinde. Noch größer werden die Unterschiede, wenn in eine Gebirgsschranke ein Thor gebrochen ist, das den Regenwinden freien Durchgang gewährt. Im Rhonethal erhebt sich nördlich von Joyeuse die Felswand von Tanargue mauergleich zwischen Ost und West, ein starker Damm den Südwinden; hier fallen 1700 mm, in Viviers, einige Meilen entfernt, wo die Winde frei durchstreichen, nur 1000 mm.

Die regenreichsten Stellen liegen alle an Gebirgshängen in der Nähe des Meeres und in der Richtung feuchtigkeittragender Seewinde, sind also ganz vorwiegend sehr feuchter Luft zu danken, die gezwungen ist, emporzusteigen. Die starke Regenmenge von 12,000 (12,090) mm Regen zu Cherrapunji in 1250 m Höhe der Khasiaberge ist eine ganz lokale Erscheinung; der vom heißen Bengalischen Golfe kommende Südwestmonsun steigt hier bei hoher Temperatur an den steil der heißen, in der Regenzeit ganz überschwemmten Ebene 1800 m hoch entragenden Bergen rasch empor (s. die Karte, S. 484). Nicht selten fallen hier 500 mm in 24 Stunden; am 14. Juni 1876 sind in 24 Stunden gar 1040 mm gefallen. Im Jahre 1861 fielen fast 23,000 mm. Mahabuleshwar in den Westghats liegt 1385 m hoch und hat 8000 mm Niederschläge. Stellen sich großen Luftströmungen ausgedehnte Bodenformen gegenüber, so nehmen auch die Unterschiede der Niederschläge weite Gebiete in Anspruch. Die größten Regenmengen Europas fallen auf der atlantischen Seite, im Seendistrikt von Cumberland: in The Stye 4720, Seathwaite 3640 mm; an der Nordseite der Serra da Estrella 3500, in Schottland bei Glencroe 3260 mm. Auch durch Südostafrika geht der Unterschied der niederschlagsreichen Kontinentalränder und der Regenschattengebiete, die dahinter liegen.

Was wir von der Erwärmung und Austrocknung herabsteigender Luftmassen (s. oben, S. 450) erfahren haben sowie von der Lage der Wolkengürtel (s. oben, S. 475), läßt uns erwarten, daß auf die Zunahme eine Abnahme der Niederschläge in größerer Höhe folgen wird. Die Lage dieser Höhenzone und der Betrag der Abnahme ist zuerst in Indien festgestellt worden, wo die bekannten Riesenniederschläge von 6000—12,000 mm in die Zone des Höchstbetrages fallen, die an den Westghats in 1400 m, im Nordwest-Himalaya (während der Südwestmonsunzeit) in 1200—1500 m liegt. Am Pic du Midi der Pyrenäen dürfte sie in 2300 m

31*

liegen, für die Alpen werden 2000 m schätzungsweise dafür angesetzt, an den regenreichen Bergen des nordwestenglischen Seengebietes ist nur eine Höhe von 500 m anzunehmen. Die Gipfel der deutschen Mittelgebirge liegen wohl alle unterhalb der Höhenzone der größten Niederschläge, nur die Schneekoppe erhebt sich vielleicht im Winter darüber. Die Vegetationsgürtel lassen uns an anderen Gebirgen die Höhe der Zone größten Niederschlages erraten, so für Java 1000 m, für die Gebirge Neumerikos 2000 m, für den Tiënschan 2500—3000 m (im Winter). In Nordindien, wo die Niederschläge in 1000 m das Vierfache derer in der Ebene sind, betragen sie dagegen in 3200 m nur noch ungefähr 0,12 derselben.

Karte der jährlichen Regenmengen in Indien. Nach J. Hann. Vgl. Text, S. 483.

Eine wichtige Sache ist die **Änderung der Höhenzonen der Niederschläge mit den Jahreszeiten.** Die Höhenzone der stärksten Niederschläge steigt bei uns im Sommer und sinkt im Winter; im Winter ist sie z. B. am Wendelstein auf 600—1000 m herabgesunken. Daher ist auf hohen Bergen in Mitteleuropa der Winter trocken, reich an heiteren Tagen, Frühling und Sommer sind feucht, reich an trüben Tagen. Im Gegensatz dazu zeigen z. B. die schweizerischen Thalstationen alle zwischen Januar und Februar schwankende Minima der Regenmenge, auf welche der März meist mit höheren Zahlen als der Dezember folgt. Daher auch häufige und oft tagelang dauernde Nebel im Sommer auf unseren Bergen, wo das Tiefland Sommernebel überhaupt nicht kennt. Im warmfeuchten Tropenklima ist die Bewölkung immer in den Höhen größer als unten, und dabei ist die Höhenzone der Wolkenbildung ungemein beständig, wie wir S. 474 gesehen haben. Die täglichen Schwankungen der Niederschlagsmengen sind auf den Höhen größer als in der Tiefe, da dorthin aufsteigende Luftströme Feuchtigkeit im Überschuß bringen, während jeder absteigende Luftstrom Wärme und Trockenheit bewirkt. Auf javanischen Bergen wechselt eine Trockenheit, die nach Junghuhn geradezu belästigend wird, mit Tagen anhaltenden Sättigungszuständen, wobei der Berg dauernd in Wolken gehüllt ist.

Der Einfluß der Vegetation auf die Niederschläge.

Wir sind gewöhnt, in der reichen Vegetation immer nur die Folgen und Wirkungen großer Feuchtigkeit zu sehen, aber daß diese Vegetation selbst eine große Quelle von Feuchtigkeit ist, wird weniger beachtet. Ein Gebiet von überquellender Vegetationskraft, wie das des Amazonas, muß im stande sein, Massen von Feuchtigkeit an seine Umgebungen abzugeben. Wenn wir uns an die Leistung des Pflanzenlebens in der Verdunstung erinnern, werden wir für die reichen Niederschläge am Ostfuß der Anden im oberen Amazonasgebiet nicht bloß die östlichen Winde, die großenteils nicht mehr bis dahin gelangen dürften, und die weiten Wasserflächen der Ströme und ihrer Überschwemmungsgebiete, sondern vor allem auch den Wasserdampf verantwortlich machen, den die Urwälder aushauchen. Wo Wald und Steppe über große Flächen hin wechseln, werden aufsteigende Luftströme über der Steppe die Höhenzone der Sättigung mit Wasserdampf emporzudrängen, und über den Waldflächen wird sie tiefer liegen. Bates erzählt, wie sich im Camposgebiet Nordbrasiliens die Regenwolken über den Waldinseln entladen, während sie sich über der heißen Steppe verflüchtigen.

Die allgemeine Behauptung, daß der Wald unmittelbar und überall die Niederschläge vermehre, kann nicht begründet werden. Man hat in regenarmen Gebieten Bäume angepflanzt und glaubte die Regenmengen damit vermehrt zu haben, aber die Ergebnisse sind sehr zweifelhaft. Studnicka hat versucht, für Böhmen das Problem auf einen festeren Boden zu stellen, indem er berechnete, wieviel die Regenmenge für bestimmte hochgelegene Stationen betragen müsse, wenn man von der Voraussetzung ausgehe, daß sie mit jeden 100 m Anstieg um 75 mm zunehme. Er fand dann in Stationen, die in dichtbewaldeten Gebieten lagen, bedeutende Überschüsse, die er dem sie umgebenden Walde zuschreibt. Diese vorausgesetzte Zunahme ist aber keineswegs gesetzlich, sondern unterliegt vielmehr ganz beträchtlichen Schwankungen. In Ebenen von gleichem allgemeinen Charakter ist jedenfalls der Einfluß des Waldes auf die Regenmenge sehr gering. In dem regenarmen Westen der Vereinigten Staaten von Amerika kann man nirgends ein sicheres Ergebnis der Baumpflanzungen nachweisen. Dagegen glaubt der indische Meteorolog Blanford die Steigerung der durchschnittlichen Niederschläge um 150 mm seit 1875 in einem zwischen der Nerbudda und der Ebene von Nagpur liegenden Teil der Zentralprovinzen nicht anders erklären zu können; dabei handelt es sich um einen Waldkomplex von 240,000 Hektar, den man gegen Verwüstungen jeder Art, besonders auch gegen Waldbrände, zu schützen gewußt hat.

Daß die Pflanzen und vor allem die Bäume dem Boden Wasser entziehen, ist keinem Zweifel unterworfen. Ihre Blätter und Blüten sind ebensoviele Organe der Verdunstung. Anderseits ist es nicht zweifelhaft, daß sie in ihren Kronen Wasser festhalten, die Nadelbäume nicht weniger als 50 Prozent des fallenden Regens, und daß sie durch Beschattung den Boden feucht erhalten, besonders auch den Schnee vor Schmelzung und Verdunstung schützen. Unter dem geschlossenen Dach der Baumkrone ist die Bodentemperatur 5—10° und an einzelnen Tagen bis 16° niedriger als im freien Felde. Guter Waldboden ist ein Behälter für Feuchtigkeit, die er in großen Mengen aufnimmt, und deren Verdunstung am Boden im Wald geringer ist als anderswo. Die Verdunstung beträgt in Wäldern ohne Streu 50 Prozent, in solchen mit Streu gar nur 20—25 Prozent von der auf freiem Feld. Zur Sättigung von Humus braucht es doppelt soviel Wasser als zu der von Kieselsand.

Die Gewitter.

Die Verdichtung des Wasserdampfes zu Wasser oder Eis ruft elektrische Spannungen hervor, die sich entweder langsam strömend in den Strahlen und Strahlenbüscheln des Elmsfeuers oder in Blitzen von den verschiedensten Formen ausgleichen. Die raschen, mit Donnerschlägen und meist mit Regen- oder Hagelfall, selten mit Schneefall verbundenen Entladungen

nennt man Gewitter. Unabhängig davon ist die dauernd in der Atmosphäre vorhandene Elektrizität, die ihrem Ursprung nach noch unbekannt ist. Man hat von Thermoströmungen, Wasserverdichtung und Reibung gesprochen, aber keine Annahme ist über die Hypothese hinausgekommen. Die positive Elektrizität ist in allen Klimaten der Erde in der Luft weiter verbreitet als die negative; diese aber tritt überall da auf, wo die Luft staubreich ist, und bringt die eigentümlichen elektrischen Erscheinungen bei Staubstürmen hervor. Wolken, selbst die Wasserstaubwolken des Wasserfalls, haben negative Elektrizität und teilen sie auch ihrer Umgebung mit, wogegen der Salzwasserstaub der Brandung positiv elektrisch ist. Eine und dieselbe Wolke kann in verschiedenen Abschnitten verschiedene Elektrizitäten haben; häufig scheint der Kern der Wolke

Sturmwolken in der Balsamkette, Nordamerika. Nach Photographie von E. Deckert.

negativ elektrisch und die Luft ringsumher positiv zu sein. Der tägliche Gang der Elektrizität zeigt an heiteren Tagen Übereinstimmung mit dem des Luftdrucks, indem um 9 Uhr vormittags herum und gegen Abend die positive Elektrizität am stärksten ist. Im Laufe des Jahres ist die Elektrizität der Luft am stärksten im Winter, am schwächsten im Sommer; wahrscheinlich hängt dies damit zusammen, daß die trockene Luft reicher an Elektrizität ist als die mit Wasserdampf erfüllte, und daß aufsteigende Luftströme negative Elektrizität wegführen und damit auch die positive Elektrizität der Erde schwächen. Niederschläge bringen der Erde neuerdings negative Elektrizität zurück und lassen positive Elektrizität in der Luft.

Das Gewitter geht in der Regel aus einer Haufwolke hervor, die an der der Erde zugewandten Seite von graublauer Farbe ist und in geringer Höhe liegt. Die Cirruswolken bleiben unberührt vom Gewittersturm, und von 18 Gewittern im Riesengebirge zogen 10 unter dem Gipfel der 1600 m hohen Schneekoppe weg. Hoher Dampfgehalt und hohe Temperatur der Luft begünstigen die Gewitterbildung, die in einer raschen Erniedrigung des Luftdruckes

und plötzlicher Verdichtung der Feuchtigkeit besteht. Daher starke Regengüsse oder Hagelfälle als Folge der Gewitter. Die starke Erwärmung erzeugt besonders in den Gebirgen die örtlich beschränkten „Wärmegewitter", denen die „Wirbelgewitter" gegenüberstehen, die als Teildepression an der Vorderseite einer Cyklone auftreten, mit der sie mit beträchtlicher Geschwindigkeit wandern. Während Wärmegewitter nur in der warmen Jahreszeit entstehen, treten Wirbelgewitter auch in der kalten auf, aber nur im ozeanischen Klima sind sie häufig, weil dieses die nötigen Mengen Wasserdampf und in den Stürmen die Bedingungen zur raschen Verdichtung hinaufgerissener feuchter Luftmassen bietet. In dem durch die Strömungen auch zur Winterszeit stark erwärmten Nordatlantischen Ozean kommen Wintergewitter sogar häufiger als Sommergewitter vor. Daß Wirbelstürme, welche Luftmassen in die Höhe reißen, von Gewittern begleitet sind, ist natürlich. Bei uns kommen die gewöhnlichen Wirbelgewitter aus Westen, und zwar oft in der Weise, daß vormittags Ostwind die Wolken nach Westen treibt, von wo dann unter Drehung des Windes von Osten über Süden nach Westen das Gewitter heranzieht. Ähnlich ist der Gang in Nordamerika. In entsprechender Weise erscheinen in anderen Gegenden die Gewitter beim Umschlag vorwaltender Winde und, gleich den Wirbelstürmen, beim Beginn der Regenzeit, deren Nahen ferne Wolken mit Wetterleuchten den harrenden Menschen verkünden. Während Gebirge etwa wie eine anziehende Kraft auf die Gewitterzüge wirken, bilden Flüsse ein Hindernis des Fortschreitens. Die Geschwindigkeit dieses Fortschreitens beträgt am Nordrande der Bayrischen Alpen 42 km in der Stunde. Am häufigsten treten bei uns Gewitter am Nachmittag auf; ein zweites, schwächeres Maximum zeigen die Nachtgewitter.

Die **Gebirge** mit ihrer raschen und unregelmäßigen Wärmeabnahme, ihrer feuchten Luft und ihren aufsteigenden Luftströmen begünstigen allenthalben die Gewitterbildung. In Rußland ist der Kaukasus, in Italien der Saum der Alpen, in Sachsen die Sächsische Schweiz am gewitterreichsten. Diese Gewitter zeigen in der Regel einen engen Zusammenhang mit dem Gang der aufsteigenden Luftströme und ihren Wolkenbildungen. Pöppig schildert die Höhe von 1600 m am Ostabhang der Anden von Peru als eine echte Gewitterzone, aus der nachts die Gewitter unter heftigem Sturm in die Thäler herabsteigen.

Die Bedeutung aufsteigender Luftströme für die Gewitterbildung beweist nichts besser als die Gewitter, welche die großartigen Dampfausbrüche der Vulkane begleiten (s. Bd. I, S. 117). Auch die Cumuluswolken des Rauches afrikanischer Präriebrände bringen meist trockene Gewitter, aber manchmal schütten sie auch schwere Regengüsse aus.

Die **Blitze** gleichen den Funken einer Elektrisiermaschine, wenn sie zickzackförmig oder verzweigt zwischen zwei Wolken oder der Gewitterwolke und der Erde überspringen. In dieser Form können sie durch kettenförmige Entladungen die Länge einer Meile erreichen. Seltener sind Blitze von runder Form, Kugelblitze, die mit Sprengwirkung explodieren; in den Tropen verbreitet sind die Flächenblitze, die gleichzeitig über eine ganze Wolke sich ausbreiten, und die oft in den Schilderungen mit dem Wetterleuchten zusammengeworfen werden, das der Widerschein fernen Blitzens auf der Unterseite einer Wolkenwand ist. „Ununterbrochenes Wetterleuchten", wie es in den Trockenzeiten der Tropen bei halbklarem Himmel vorkommt, bedeutet offenbar Flächenblitze ohne Donner und Regen. Wahrscheinlich sind auch die Gewitter der Steppengebiete in der warmen gemäßigten Zone durch großen Blitzreichtum ausgezeichnet; man möchte es besonders aus den Schilderungen der Pamperos am unteren La Plata entnehmen.

Die **Blitzgefahr** ist in Deutschland seit der Zeit genauer statistischer Erhebungen rasch gewachsen. In Sachsen wurden 1866—70: 108 Blitzschläge gemeldet, 1891—95: 311. Sachsen, das Ruhrgebiet, das Maingebiet, Holstein sind in Deutschland durch die große Zahl der Blitzschläge ausgezeichnet. Die

Blitze der Tropengewitter scheinen weniger gefährlich zu sein als die der gemäßigten Zonen, in denen die der Wintergewitter am meisten zu fürchten sind. Es ist möglich, daß man für die Gefährlichkeit der Blitzschläge einen Zusammenhang mit der elfjährigen Sonnenfleckenperiode, vielleicht auch mit den größeren Klimaschwankungen, nachweisen wird.

Die Verteilung der Niederschläge über die Erde.

Dem großen Gesetz der Abnahme der atmosphärischen Feuchtigkeit nach den Polen entsprechend, nehmen auch die Niederschläge polwärts ab. Von fast 2000 mm in dem Zehngradgürtel nördlich und südlich des Äquators sinken sie auf 500—700 mm in 10—30° nördl. und südl. Breite, heben sich dann in den gemäßigten Erdgürteln und sinken auf der Nordhalbkugel in dem Gürtel zwischen 70 und 80° auf 360 mm herab. Untergeordnet diesem Gesetze finden wir im großen Sinne örtliche Abänderungen in der Menge und Zeit der Niederschläge. Wir haben im Äquatorialgürtel und in den beiden kalten gemäßigten Zonen Regen zu allen Jahreszeiten, dazwischen auf die Äquatorialzone folgend Sommerregen, dann die regenarmen Passatgebiete, endlich in der warmen gemäßigten Zone den Gürtel der Winterregen; sehr bezeichnend für die Abhängigkeit der Regenmengen von der Wärme ist, daß diese trotz ausgesprochen trockenen Sommers doch in der Summe oft niederschlagsreicher sind als die mehr polwärts gelegenen Nachbargebiete mit Niederschlägen zu allen Jahreszeiten. So übertrifft die durchschnittliche Niederschlagsmenge des Mittelmeergebietes die Deutschlands doch noch um etwa 50 mm.

In den Monsungebieten ist überall der polwärts gerichtete Monsun der Regenbringer, in engeren Gebieten bringen monsunähnliche Seewinde den Regen. Der Gattung des Regens nach überwiegen die dichten, ausgiebigen und dauernden Regen in den Äquatorial- und Monsungebieten, die dünnen und dauernden in den kalten gemäßigten Zonen und die dichten, aber vielfach unterbrochenen in den Zonen der Sommerregen und der Winterregen und auch in den regenarmen Passatgebieten.

Wohl ist das Meer die größte Quelle des regenbildenden Wasserdampfes, aber über ihm selbst sind die Regenmengen geringer als über dem Land, besonders sind die Regenfälle weniger ausgiebig, da hier die Anlässe zu starken aufsteigenden Luftströmen fehlen. Im allgemeinen sind die Küstengebiete im weiteren Sinne, küstennahe Gebirge mit einschließend, am regenreichsten, und von ihnen aus nimmt see- und landwärts die Regenmenge ab. Die deutschen Nordseeküsten sind niederschlagsreich, der Harz ist es mehr (Brocken 1600 mm), und hinter dem Harz sinkt ihre Menge rasch. Regenarm sind aber alle Küsten und Inseln, die von einem kühlen Meer umgeben sind; dort fallen die Niederschläge erst auf den zurückliegenden Höhen und ihren Bergen, wo sie dann oft rasch zunehmen. Das zeigen die Galapagos ebensogut wie die Kapverden, Deutsch-Südwestafrika und Kalifornien. Ein regenarmes Gebiet liegt mitten im Stillen Ozean bei den kleinen Inseln Malden, Baker u. a. in der Nähe des Äquators. Diese Inseln, die das ganze Jahr von Passaten überweht werden, empfangen sehr unregelmäßige und meist wenig Niederschläge. Malden in 4° südl. Breite hatte 1867: 33 mm, dagegen im Januar und Februar 1869 fielen 445 mm. Angeblich soll dort das Meer mehr Regen empfangen als das Land. Jaluit auf den Marshallinseln, das ganz ähnlich im Grenzgebiet zwischen Nordost- und Südpassat liegt, hat dagegen reichliche Niederschläge.

In den gemäßigten Zonen der Erde erreichen die Regenmengen bei weitem nicht mehr so hohe Beträge wie in den Tropen. Wohl kommen Niederschlagsmengen von 2000—4000 mm auch hier vor, aber ganz beschränkt, nur in den Gebirgen, die sich feuchten Luftströmen entgegenstellen. Und überall nehmen die Regenmengen nach dem Inneren der Festländer rasch

ab, am raschesten an den Grenzen der Passatgebiete, wo in Australien (s. die untenstehende Karte) fast regenlose Gebiete hart an der Küste liegen und die Winterregen des Mittelmeeres durchschnittlich bei 30° aufhören. Scharf schneidet in Unterägypten die Grenze ausgiebiger Regen ab; Alexandria hat noch 215 mm, Kairo und Sues kaum noch 30 mm, die nördliche Westküste des Roten Meeres ist schon fast regenlos, nur in den Bergen kommen noch stärkere Regen vor.

Der größte Teil des mittleren und südlichen Europa gehört einem Gebiete mittlerer Regenmenge an, in dem die Höhe der jährlichen Niederschläge zwischen 600 und 1300 mm schwankt. In diesem Gebiete liegen Konstantinopel und Donegal, Syrakus und Drontheim, Cadiz und Königsberg.

Karte der Regenverteilung in Australien und Neuseeland. (Nach J. Hann, Loomis und dem „Australian Handbook".)

Es ist für die Regen der gemäßigten Zone bezeichnend, daß sie vorwiegend als Begleiter von Windwirbeln, Cyklonen, erscheinen, welche die feuchte Luft vom Atlantischen Ozean nördlich von der Passatgrenze über die Länder hintragen. Daher gehen unseren Regen fast immer starke Schwankungen des Luftdruckes voraus. Also nicht von dem „zurückkehrenden" Passat stammen sie und sind deswegen auch nicht Kinder der tropischen Südwestwinde. Kein Regenwind kann aus großen Höhen herabsteigen. Jene Südwestwinde haben auf ihren Wegen durch 4000 m Höhe bei Gefriertemperaturen ihre Feuchtigkeit längst verloren, ehe sie zu uns kommen. Auch die Winterregen des Mittelmeeres kommen mit Cyklonen; selbst noch Nordindiens Winterregen werden durch kleine Depressionen hervorgerufen, die von Iran her langsam nach Osten wandern; fast aller Himalayaschnee fällt in den Wintermonaten beim Nordostmonsun, den

am Fuße des Gebirges jene Wirbel begleiten. In allen diesen Fällen wird niedriger Luftdruck den Regen ankünden. Anders, wo Passatwinde seine Träger sind, die über das Meer her wehen; da fallen Seeregen bei hohem Luftdruck und nur die Gewitter- oder Wärmeregen werden dort von niederem Druck begleitet. Schon im gemäßigten Australien regnet es bei so schwachen Luftdruckschwankungen, daß das Barometer dort bei weitem nicht so wichtig für den Landwirt ist wie bei uns.

Absolut regenlose Gebiete sind auf der Erde kaum zu finden. Es fallen in der Sahara auch jenseit der durch Küstennebel angefeuchteten Zone des Westrandes (bei Kap Juby fallen etwa 100 mm im Jahr) Strichregen, die manchmal auf einen beschränkten Raum gewaltige Wassermassen ausgießen. Oft erscheinen sie plötzlich und heftig als Wolkenbrüche und reißen tiefe Schluchten in den Wüstenboden. Immerhin sind in manchen Gegenden die Regen so ungewöhnlich, daß z. B. die Einwohner von Tugurt ihre Stadt mit Mauern aus dem so leicht löslichen Gips umgaben.

Im Inneren der Hochländer Südamerikas gibt es Gegenden, in denen es im Sommer nicht regnet und im Winter nur schneit, also niemals eigentlich regnet. Ebenso selten wie regenlose Gebiete sind Gebiete mit weit ausgebreitetem Regenreichtum; liegt es doch schon in der Natur des Regens, daß er mit Luftdruck und Wärme wandert, und gerade die regenbringenden Monsune der warmen Erdgürtel nehmen an Regenreichtum ab, je länger sie wehen. Hann hebt ganz besonders vom westlichen Australasien hervor, daß von Sumatra bis zu den Molukken starke Regenmengen bemerkenswert gleichförmig über das weite Gebiet fallen; „vielleicht nirgend anderswo erstreckt sich ein gleich starker Regenfall über eine gleich große Fläche".

Regenarme und regenreiche Gebiete liegen oft nahe bei einander. In Indien stuft sich der Regenfall von 15,000 mm im Nordosten auf 75 mm im Nordwesten ab (vgl. die Karte, S. 484). Im Feuerland liegt das Westgebiet mit 2000 mm Niederschlägen kaum 200 km entfernt von einem östlichen, wo die Niederschläge rasch von 600 auf 300 mm abnehmen. Wo nun klimatische Gegensätze so hart aufeinandertreffen, wie auf der Landenge von Tehuantepek das feuchte atlantische und das trockene pacifische Klima, sieht man sogar die tiefgehenden Regenwolken, welche die Grenze zwischen beiden, das 240 m hohe Hochland von Tarifa, überschwemmten, südwärts ziehend beständig sich auflösen: Regenreichtum und Regenarmut im selben Wolkenzug hart nebeneinander. Da die trockensten Gegenden in den Tropen immer die höherumrandeten Becken sind, kommt überhaupt der Fall häufig vor, daß ein regenreiches Gebirge neben einem trockenen Hochlandabschnitt liegt. Einer der merkwürdigsten Fälle ist die Regenarmut der niedrigen Halbinsel Yukatan neben den regenreichen mittelamerikanischen Gebirgen. Besonders häufig bewirkt auf den Inseln der Unterschied von Windseite und Leeseite auch große Niederschlagsunterschiede (vgl. auch oben, S. 448 u. f.).

In den arktischen Regionen sinkt die Menge der Niederschläge auf ein sehr geringes Maß herab, und sie fallen größtenteils in fester Form; eigentliche Schneeflocken werden öfter im Sommer als im Winter beobachtet. Im Winter fällt der Niederschlag fast nur in der Form eines feinen Eisstaubes (Diamantstaub), der die Luft selbst an klaren Tagen erfüllt und erst nach sehr langer Zeit auf dem Boden eine Schicht von merklicher Dicke bildet. In Winterhafen (Melville-Insel) fiel von Oktober bis Ende April keine Schneeflocke, und die Schneelage maß Anfang Januar nur 2,5—5 cm. Der Mangel kräftiger Wolkengebilde wird öfters hervorgehoben. Dennoch sind bei der tiefen Lage des Taupunktes Reihen ganz heller Tage selten. Wir lesen bei Wrangel: „Völlig heitere Tage sind im nordöstlichsten Sibirien im Winter äußerst selten, die vorwaltenden Seewinde bringen Dünste und Nebel, die zuweilen so dicht sind, daß sie die am tiefblauen Polarhimmel hellfunkelnden Sterne ganz verdecken. Der hellste Monat ist

KLIMAKARTE

von I

Mittlere
Wärme-u. Luftdruckverteilung
im Januar,
sowie absolute Temperatur - Minima
einiger Orte.

Wärmeverteilung in Centigraden

	über 10°		- 5 bis -10°
	5 – 10°		-10 - -15°
	0 – 5°		-15 - -20°
	0 bis -5°		unter -20°

Isobaren.

Mittlere
Wärme-u. Luftdruckverteilung
im Juli,
sowie absolute Temperatur - Maxima
einiger Orte.

Wärmeverteilung in Centigraden

	über 30°		15 – 20°
	25 – 30°		10 – 15°
	20 – 25°		unter 15°

Isobaren.

Bibliographisch

ON EUROPA

ner.

Mittlere Jährliche Bewölkungsgrösse und Heiterste Monate.

0-wolkenlos 10-bedeckt

unter 2	4-5
2-3	5-6
3-4	6-7
über 7	

Mittlere Jährliche Regenmenge sowie Regenreichste Monate

unter 30 cm.	60-100 cm
30-60 "	100-150 "
über 150 cm.	

stitut in Leipzig.

auch hier (an der unteren Kolyma) der September." Nur das ostsibirische Gebiet tiefster Wintertemperaturen ist durch wolkenlose Winterwochen ausgezeichnet. In den arktischen Regionen kennen wir keine Stelle, wo nicht im Sommer auch zuweilen Regen fiele. Nansen hat Regen im September unter 85° nördl. Breite fallen sehen. Daß selbst im tiefen Winter Regengüsse das Land schneefrei machen, ist allerdings nur aus dem westgrönländischen Föhngebiet bekannt.

Die Verteilung des Regens über das Jahr. Regenzeiten.

Die Gebiete sind beschränkt, wo die Niederschläge ganz ebenmäßig über das Jahr verteilt sind. Fast überall kommt ein Mehr von Niederschlägen auf eine oder die andere Jahreszeit. Die größte Gleichartigkeit kommt noch in Äquatorialgebieten und in Gebieten des abgeglichensten ozeanischen Klimas zu stande, ferner in solchen, wo die Niederschläge immer gleichmäßig dünn als Nebelregen fallen, und endlich in den Polargebieten, wo Eisnebel fast täglich an deren Stelle tritt. Die andauerndsten Regen haben die Regenzeiten der Tropen aufzuweisen; es mag da vorkommen, daß es drei Monate jeden Tag regnet, wenn auch nicht ununterbrochen; jedenfalls ist die Luft Monate hindurch dem Zustand der Sättigung beständig nahe, so daß selbst Bodennebel eine gewöhnliche Erscheinung werden. Die Verschiebungen der Wärme und des Luftdrucks mit dem Sonnenstand lassen entsprechende Wanderungen der Regenzeiten erwarten, die daher auf beiden Halbkugeln in den jeweiligen Sommer fallen, während sie in der Nähe des Äquators nur noch durch eine kleine Trockenzeit (Veranillo der Spanisch-Amerikaner) getrennt oder auf alle Monate ziemlich gleichmäßig verteilt sind.

Die Abhängigkeit der Regen vom Sonnenstand tritt nirgends so deutlich hervor wie in Afrika, das in seiner nord- und südäquatorialen Hälfte sich in Bezug auf die Niederschläge ganz symmetrisch verhält. So wie der Sudân seine Sommerregen im Juli, hat sie das Sambesigebiet im Januar. Von diesem und jenem aus äquatorwärts gehend, kommt man durch Gegenden mit Herbst- und Frühlingsregen, mit großer und kleiner Regenzeit, durch Gebiete, wo es noch Trockenzeiten von 14 Tagen gibt, in den Äquatorialgürtel, wo kein Monat regenlos ist, wenn auch im allgemeinen bei der stärkeren Erwärmung der Nordhälfte des Erdteils die Südsommerregen das Übergewicht haben. Hier kommen im Inneren des Kongobeckens Regenmengen von mehr als 2000 mm in einem größeren Gebiet vor. Schmale Gebiete so reicher Niederschläge erscheinen nur noch im innersten Winkel des Meerbusens von Guinea.

Bei der Verteilung der Niederschläge über alle Zeiten des Jahres, die für die gemäßigte Zone bezeichnend ist, überwiegen im Seeklima die Winterniederschläge, im Landklima die Sommerniederschläge (s. die beigeheftete Kartenbeilage „Klimakarte von Europa"). Dabei nähert sich der Charakter des Herbstes im allgemeinen dem des Winters, der des Frühlings dem des Sommers. Im ganzen ist das Klima der Britischen Inseln durch Vorwiegen der Herbstniederschläge bezeichnet, während Frühling und Sommer verhältnismäßig trocken sind. Das Gebiet der vorherrschenden Winterniederschläge umschließt Schottland und die südwestlich vorspringenden Teile Englands und Irlands. In Norwegen gehören November und Dezember zu den niederschlagsreichsten Monaten, sie sind sogar an vielen Stellen die absolut niederschlagsreichsten, so z. B. in Christiansand, Skudesnäs; in Udsire, Bergen tritt der Januar an diese Stelle. Sogar in der Verteilung der Gewitter prägt sich dies aus. In einem Lande des Seeklimas wie Schottland tritt ein sekundäres Maximum der Gewitter von Dezember bis Februar ein in Verbindung mit den um diese Zeit sehr reichlichen Niederschlägen. Im kontinentalen Klima sind ebenso ausgesprochene Sommerregen allgemein und zwar in den wärmeren Gegenden mehr Früh-, in den kälteren mehr Hochsommerregen. Die rasch unter der höhersteigenden Sonne sich erwärmenden Steppen haben Frühlings- und Frühsommerregen und zwar von Innerasien

bis nach Ungarn herein. Dabei sind die Winterniederschläge so schwach, daß die Dünne und Lückenhaftigkeit der Schneedecke eine der bezeichnendsten Thatsachen des Steppenklimas ist.

Ein merkwürdiges Beispiel der Wirkungen von vergleichsweise geringen Verschiebungen der Regenzeit bietet der niederschlagsarme Westen der Vereinigten Staaten von Amerika. Die trockene Zeit umfaßt dort die Sommermonate, und zwar erreicht sie in der Mitte und im Süden des Hochlandes ihren Höhepunkt im Spätsommer und Frühherbst, während sie nach Norden hin immer weiter in den Winter hinein dauert. Wenn man die Beobachtungen von Dalles, Fort Klamath, Camp Harney im östlichen Oregon und Boise City in Idaho als bezeichnend für den nördlichen Teil der Mitte des Hochlandgebietes zusammenfaßt, erhält man genau 66,6 Prozent für November bis März, während auf Juli bis September nur 5,9 entfallen. Eine genauere Zusammenstellung für Boise City weist den Monaten Dezember bis Februar 43 Prozent, den Monaten Juli bis September 4 Prozent der Regenmenge zu. Teilt man das Jahr in zwei gleiche Hälften beim Anfang des Mai, so erhält man für die erste 75, für die andere 25 Prozent aller Niederschläge. Montana, der nördlichste der Steppenstaaten, zeigt bereits einen anderen Typus, nämlich ein Übergewicht des Frühsommers mit einem Drittel des ganzen Regenfalles im Mai und Juni, worauf der Winter von November bis Februar wenig mehr als ein Fünftel aller Niederschläge bringt. Hier wie im nördlichen Oregon wird die künstliche Bewässerung vom Ackerbau nicht in allen Jahren und nicht in der Entwickelungszeit, wohl aber in der der Reife gefordert. Wir befinden uns in einer örtlichen Abstufung der Powellschen subhumid region. Es gibt aber auch hier absolute Trockenjahre. Im Süden sind ähnlich wie in der Mitte die Monate Dezember bis März regenreich, bringen mehr als die Hälfte der Niederschläge, und die größte Regenarmut zeigen Juli bis September, doch ist der Regenfall absolut geringer. Nach mindestens 18jährigen Beobachtungen geben 13 Stationen Nevadas durchschnittlich 50—60 mm Regen in den sieben trockenen Monaten April bis Oktober. Am Ostabhang der Sierra Nevada genügt ein mäßiges Ansteigen um 200—300 m, um den ungenügenden Niederschlag dieser Stationen sich verdoppeln und verdreifachen zu sehen. Die 20jährigen Messungen von Summit (Kalifornien) ergeben bei 2100 m eine Regenhöhe von nahezu 1100 mm, die siebenmal den Durchschnitt jener Wüstenstationen, wie man sie wohl nennen kann, übertrifft, und von der doppelt so hohen Pike's Peak-Station (Colorado) kennen wir aus den Beobachtungen von 1874—80: 790 mm Niederschläge. Aus der Bedeutung der Blue Mountains für die Bewässerung der nordöstlichen Teile von Oregon dürfen wir schließen, daß auch schon auf diesen niedrigeren Erhebungen bedeutende Schneemassen fallen. In der Verbindung der zwei Thatsachen: Zunahme der Niederschläge mit der Erhebung und Vorwalten der Winterniederschläge, liegt die ganze Möglichkeit und Zukunft der Bodenkultur und Besiedelung in dem großen Hochlande des Westens der Vereinigten Staaten von Amerika.

---

6. Änderungen und Schwankungen der Klimate.

Inhalt: Veränderungen im Verhältnis der Erde zur Sonne. — Veränderungen in der Sonne selbst. — Angebliche Änderungen der Luft- und Wasserhülle der Erde. — Veränderungen in und an der Erde als Ursache von Klimaänderungen. — Änderungen und Schwankungen des Klimas in geschichtlicher Zeit.

Veränderungen im Verhältnis der Erde zur Sonne.

Im gewöhnlichen Leben steht für uns das Verhältnis der Erde zur Sonne unerschütterlich fest. Wir rechnen sicher auf ihren Aufgang und Niedergang zu genau bestimmten Zeiten. Mag auch das Maß von Licht und Wärme, das jeder Tages- und Jahreszeit zugeteilt ist, mit dem Wetter schwanken, wir zweifeln nicht, daß die mächtige Sonne diese Schwankungen ausgleicht. Die angeblichen Erfahrungen praktischer Wetterbeobachter von der Abnahme der Wärme oder der Zunahme der Niederschläge, kurz von der „Verschlechterung des Wetters" haben sich zu oft nur als Ausflüsse eines altgewordenen Pessimismus erwiesen. Und doch muß man heute zugeben, daß es mehr Schwankungen im Verhältnis der Erde zur Sonne gibt, als man

sich träumen ließ, und daß noch viel größere einst waren, die auch wiederkehren könnten. In Schwankungen des Standes der Seen, der Flüsse, der Gletscher in langen Jahresreihen erkennen wir ein Auf- und Niedersteigen der Wärmezufuhr von der Sonne. Noch größere Zweifel an der Beständigkeit unseres Verhältnisses zur Sonne erwecken uns die Klimate der Vorzeit. Es ist zweifellos, daß der Boden Deutschlands tropischen Pflanzenwuchs getragen hat, daß er dann aber auch unter einer Eisdecke von 1000 m Mächtigkeit begraben lag. Ähnliche Zeugnisse klimatischer Schwankungen kommen in allen geologischen Zeitaltern vor. Es ist sicher, daß jeder Fleck Erde vom Pol bis zum Äquator verschiedene Mengen von Wärme im Lauf seiner Geschichte empfangen, verschiedene Klimate gehabt hat.

Die Beobachtung des Ganges der Erde um die Sonne lieferte die ersten Hinweise auf die Gründe solcher Schwankungen. Zunächst kann die Lage der Erde zur Sonne nicht gleich bleiben. Die Anziehungen der Sonne, des Mondes und der Planeten auf die Erde stören sich wechselseitig, und die Erde bietet durch die Unregelmäßigkeit ihrer Gestalt ihnen nicht überall gleiche Masse dar. Änderungen in der Stellung der Erdachse müssen dadurch eintreten. Präzession ist ein allmähliches Rückschreiten der Äquinoktialpunkte in der Ekliptik, ohne daß dabei die Schiefe der Ekliptik geändert wird. Das Frühlingsäquinoktium lag einst in dem Zeichen des Widders, ist aber jetzt zu dem der Fische vorgerückt; es wird immer weiterschreiten, bis es nach 25,668 Jahren auf dem alten Punkt angekommen sein wird; die jährliche Bewegung beträgt 50 Sekunden. Daneben beobachten wir in der Nutation eine Bewegung der Erdachse um ihre mittlere Lage, wodurch ihre Neigung zur Erdbahn Veränderungen erfährt. Nutation wie Präzession haben ihre Ursache in der Ungleichheit der Erdgestalt, die durch die äquatoriale Anschwellung und die Abplattungen der Anziehungskraft der Sonne ungleiche Massen bietet. Da aber diese Ungleichheiten in der Erde selbst symmetrisch verteilt sind, sind auch diese Störungen dauernd und periodisch. Immerhin ist es von Bedeutung für die klimatischen Verhältnisse der Erde, daß auch die Bahn der Erde um die Sonne, die Ekliptik, eine so wenig beständige Größe ist. Es vollziehen sich durch die Änderung der Stellung aller anderen Planeten zur Erde Schwankungen in der Schiefe der Ekliptik in 65,000 Jahren zwischen 27° 48′ und 20° 34′. Gegenwärtig steht sie bei 23° 27′ und ihre Schiefe ist in der Abnahme; man setzt in der Regel der Kürze halber 23° 30′ dafür. Die Wirkung dieser Veränderung ist an und für sich nicht außerordentlich groß; die Zunahme der Schiefe der Ekliptik läßt die Wärme gegen den Pol hin wachsen, am Äquator abnehmen. Mädler hat berechnet, daß, wenn die Schiefe der Ekliptik auf 21½° zurückgegangen sein würde, in unseren Breiten die Sommertage um etwa 25 Minuten kürzer, die Wintertage um ebensoviel länger würden, die Sommerwärme im Durchschnitt um ½° geringer, die Winterkälte aber um etwa ebensoviel milder wäre.

Die Gestalt der Erdbahn kann unter der Anziehung der Schwesterplaneten nicht immer dieselbe bleiben. Sie erfährt Verkürzungen, und dann verlängert sie sich wieder. Wenn nun die Exzentrizität der Erdbahn einen höheren Wert erreichte als vorher, mußte der Unterschied der Dauer der Jahreszeiten und der Intensität der Sonnenstrahlung größer werden. Während jetzt die Intensität der Sonnenstrahlung in Sonnennähe ein Fünftel größer ist als in Sonnenferne, würde dieser Unterschied dann auf ein Drittel ansteigen; das bedeutet eine Verminderung des Jahreszeitenunterschiedes für die Halbkugel, auf der die Sonnennähe in den Winter fällt, und eine Verschärfung für die Halbkugel, auf der sie in den Sommer fällt. Wenn also die Erdferne in die Zeit unserer Wintersonnenwende fiel, so mußte die Nordhalbkugel einen kühleren und längeren Winter haben als die südliche, und sammelten sich nun um ihren Pol mit

jedem von diesen harten Wintern zunehmende Firn- und Eismassen an, so wäre der Anfang zu einer Eiszeit gegeben. In dem Falle, daß dieses Ereignis mit einer geringeren Schiefe der Ekliptik zusammenfiele, müßten sich dieselben Folgen in noch größerem Maß einstellen. Das ist ein Boden, auf dem die Erklärung der Eiszeiten möglich wäre, wenn man nachweisen könnte, daß sie nur eine Halbkugel betroffen hätten. Darüber hinaus sind jene gegangen, die annahmen, daß durch diesen kalten Mantel sich der Schwerpunkt der Erde verschoben und die Meere nach dem vereisten Pole zugedrängt habe, wo sie durch ozeanischeres Klima die Vergletscherung noch befördern mußten. Dies ist der Kern der Hypothese von Adhemar; Schmick folgerte wechselnde Überschwemmungen beider Halbkugeln aus der mit der Exzentrizität der Erdbahn ab- und zunehmenden Anziehungskraft der Sonne, Croll beschränkte sich dagegen auf die Abkühlung der Erdhälfte, deren Winter mit der Sonnenferne zusammentrifft, zu deren Folgen er auch die Abschwächung ihrer warmen Meeresströmungen rechnete. Allen diesen Betrachtungen steht der geringe Ausschlag entgegen, den die heutige Exzentrizität der Erdbahn im Klima der Erde gibt, sowie die große Wahrscheinlichkeit, daß die letzte große Klimaschwankung in der Eiszeit beide Halbkugeln zugleich ergriffen hatte.

An mechanischen Möglichkeiten der Veränderung der Rotationsdauer der Erde ist kein Mangel; vielleicht wird auch einmal eine von ihnen zum Range einer Wahrscheinlichkeit erhoben, einstweilen beruhen sie jedoch nur auf Voraussetzungen. Wenn die Erde erkaltend sich zusammenzieht, muß der an Volumen ab-, an Dichtigkeit zunehmende Körper rascher rotieren. Wenn die Reibung der Flutwelle an der Erdrinde so stark ist, wie Robert Mayer voraussetzte, so muß die der Drehbewegung der Erde entgegengesetzt sich bewegende Flutwelle die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde vermindern, wenn der Weltraum stofferfüllt ist, muß die Atmosphäre an demselben sich reiben, wenn die Meteoriten einst zahlreicher auf die Erde niederstürzten als heute, mußten sie eine meßbare Hemmung der Geschwindigkeit der Erde erzeugen. Beobachtet ist aber von einer Veränderung der Umlaufszeit oder der Rotation der Erde bisher nichts; besonders zeigen die Mondfinsternisse nichts von der Änderung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde, die das Ergebnis aller dieser Ursachen oder wenigstens einer davon sein müßte.

Die Änderungen, die wir bisher betrachtet haben, kann man als regelmäßige bezeichnen, sie spielen sich in bestimmten Zeiträumen ab, und man kennt die Gründe ihrer Entstehung. Anders ist es mit jenen Störungen, deren Auftreten und Verlauf noch durchaus kein Gesetz zu fassen vermocht hat. Ich denke hier zuerst an Änderungen der geographischen Breite. Die Beobachtung, daß die geographische Breite der Berliner Sternwarte vom Frühjahr 1884 bis zum Frühjahr 1885 um $^2/_{10}$ einer Sekunde abgenommen hatte, wurde später auf den Observatorien in Prag, Berlin, Potsdam bestätigt, wo man sogar Änderungen von $^5/_{10}$ bis $^6/_{10}$ einer Sekunde fand, was Bewegungen der Pole an der Erdoberfläche im Betrage von 20 m entspricht. Weiter scheint man schon heute behaupten zu können, daß in diesen Veränderungen ein Rückschwanken stattfindet. Es ist möglich, daß sie mit jahreszeitlichen Verlagerungen der Wassermassen beider Halbkugeln zusammenhängen. Aber wir haben ja gesehen, daß beständig auf der Erdoberfläche Massenverschiebungen vor sich gehen, die ein dauerndes Gleichgewicht unseres Planeten nicht zulassen. Es sind das nicht bloß innere, sondern auch äußere Veränderungen, die teilweise entschieden in das geographische Gebiet fallen. Die Gebirgsbildungen, vulkanischen Eruptionen, Erdbeben bewirken ebenfalls innere und äußere Veränderungen, deren Ergebnis allerdings über Bruchteile von Bogensekunden nicht hinausreicht. Die Veränderungen in der Lage der großen Luft- und Meeresströmungen, das Wachstum und der

Rückgang der mit festem Wasser bedeckten Gebiete sind in dieser Beziehung schon früher genannt worden. Angesichts ihrer muß man sagen, daß, auch wenn die Gleichlage (Permanenz) der Pole heute eine Thatsache wäre, sie doch für die Vergangenheit bewiesen werden müßte.

Veränderungen in der Sonne selbst.

Solange man die Natur der Sonne so wenig kannte, daß man nicht zu deuten wußte, woher eigentlich ihre Wärme und ihr Licht stammen, konnte man Änderungen des Klimas nur an ihre Größe knüpfen, in der jedoch keine Änderung zu beobachten war. Das hinderte nicht, das Vorkommen für tropisch gehaltener Tier- oder Pflanzenformen in paläozoischen Meeren der gemäßigten oder kalten Zone auf den einst größeren Sonnendurchmesser zurückzuführen; zuletzt hat John Murray diese höchst waghalsige Erklärung wiederholt. Zuviel Aufwand, um das Vorkommen silurischer Korallen in 70° nördl. Breite zu erklären, wo doch immer erst die Vorfrage zu stellen wäre, ob diese Korallen nicht anderer Lebensbedingungen sich erfreut haben könnten als die heutigen Korallen, die ohnehin ganz anders organisiert sind! Auf einen viel festeren Boden stellt uns die nachgewiesene Änderung in der Leuchtkraft und Farbe der fernen Sonnen, die wir Fixsterne nennen (vgl. Bd. I, S. 70). Es ist unzweifelhaft, daß die weißleuchtenden Sterne heißer sein müssen als die gelb- und noch mehr als die rotglühenden, und daß ein weißer Stern durch Lichtausstrahlung gelb- und zuletzt rotglühend, endlich sogar dunkel werden muß. Unsere Sonne ist jetzt in gelber Glut, sie muß einst weiß gewesen sein und wird an einem fernen Tage rot werden. Indessen ist es ganz unwahrscheinlich, daß diese Veränderungen sich gleichmäßig abspielen, denn so wenig wie eine Flamme zusammensinkt, ohne aufzuflackern, so wenig ist dies bei der Sonne anzunehmen.

So hat denn Dubois (1893) die Eiszeiten und Interglazialzeiten mit derartigen Schwankungen in Verbindung gebracht: im gelben Stadium werden in langen Schwankungen, immer während einer verhältnismäßig kurzen Zeit, chemische Verbindungen auftreten, durch welche die Sonne rötlich oder rot wird: Eiszeiten; dann wird sie zu ihrem gelben Licht zurückkehren: Interglazialzeiten, und diese werden länger dauern als jene. „Erst kurz vor dem Ende des Sonnenlebens wird die intermittierende kühle Periode rasch anwachsen und alsbald der Körper der Sonne bleibend rot und endlich dunkel geworden sein.“ Der Geograph stellt dieser Ansicht die einfache Frage nach dem zeitlichen Verlauf gegenüber. In der Geschichte der Erde fehlt jeder Zusammenhang mit der Geschichte der Sonne; auch in den ältesten Versteinerungen erkennen wir nichts von der größeren Wärmesumme, welche die Sonne, als sie noch „jünger“ war, ausgestrahlt haben sollte. Wohl sind die klimatischen Verhältnisse anders als heute, aber ihre Unterschiede liegen in den Grenzen derer, die wir auch heute kennen. Auch die Spuren paläozoischer Eiszeiten (s. unten, S. 498) gehören hierher. Trotz der Anerkennung, die diese Hypothese bei einigen Geographen und Klimatologen gefunden hat, unterscheidet sie sich doch nur durch die sachkundige Verwendung astrophysikalischer Thatsachen vor jener großartigsten, aber auch luftigsten Vorstellung von wechselnd kalten und warmen Stellen im Weltraum, durch die das ganze Sonnensystem seinen Weg macht: die Erde zieht mit allen anderen Körpern des Systems Gewinn von den warmen Stellen und erkaltet mit ihnen in den kalten Abschnitten.

Den Schwankungen der Häufigkeit der Sonnenflecken, die wir im ersten Bande, S. 78, dargestellt haben, entsprechen klimatische Änderungen und sehr deutlich Änderungen der erdmagnetischen Kraft. Die 10—11jährige Periode der Sonnenflecken kommt in der Wärme des Tropenklimas deutlicher zum Ausdruck als in dem Klima höherer Breiten und zwar nach

Köppen so, daß die Schwankung zwischen einem Sonnenfleckenmaximum und -minimum 0,73° in den tropischen, 0,54° in den außertropischen Gegenden beträgt, wobei die Temperaturerhöhung ¾ Jahr vor dem Fleckenminimum eintritt, die Temperaturerniedrigung dagegen fast genau mit dem Fleckenmaximum zusammenfällt. Vielleicht gelingt es eines Tages, auch eine Verstärkung der Niederschläge zur Zeit der meisten Sonnenflecken nachzuweisen, die dann ebenfalls in den Tropen am deutlichsten sein dürfte. Endlich sprechen auch manche Beobachtungen für ein häufigeres Auftreten der Cyklonen im Atlantischen und Indischen Ozean in der Zeit des Sonnenfleckenmaximums. Aber der Ausschlag der 10—11jährigen Schwankungen ist meist so gering, daß nur sehr lange fortgesetzte Beobachtungen ihn ganz sicher feststellen werden.

Angebliche Änderungen der Luft- oder Wasserhülle der Erde.

Eine besondere Gruppe bilden die Ansichten, die von Veränderungen im Luftmeer oder in der Wasserhülle der Erde bedeutende klimatische Folgen ableiten. Wenn sich die Menge einer von den beiden schwankenden Zumischungen der Luft, sei es Wasserdampf oder Kohlensäure, vermehrt oder vermindert, muß ohne Frage die Wirkung der Sonnenstrahlen auf die Erde sich ändern. Eine starke Vermehrung des Wasserdampfes würde die Wärme an der Erdoberfläche steigern. Ist aber eine solche Vermehrung nachzuweisen? Nein. Man hat sie als Folge der großen und häufigen Vulkanausbrüche der Tertiärzeit hinstellen wollen; aber es steht dieser Annahme dieselbe Erwägung wie der gleich zu erwähnenden Zunahme der Kohlensäure aus demselben Grunde entgegen: die vulkanische Thätigkeit war in der Millionen von Jahre in Anspruch nehmenden Tertiärzeit über ungeheure Zeiträume mit entsprechenden Unterbrechungen verteilt, so daß ein großer dauernder Überschuß sich nicht ansammeln konnte, und die Vegetation und das Tierleben trugen, wenigstens in der älteren und mittleren Tertiärzeit, wo tropisches und subtropisches Klima selbst in Mitteleuropa herrschte, zur Verarbeitung des etwaigen Kohlensäureüberschusses mehr als heute bei. Auch fehlt jede thatsächliche Beobachtung über die Vermehrung des Wasserdampfes der Luft über örtliche Grenzen hinaus bei den größten Vulkanausbrüchen unseres Zeitalters. Eine Zunahme der Kohlensäure in der Luft würde ebenfalls ein Wachsen der Wärme an der Erdoberfläche bedingen. Arrhenius nimmt an, daß bei einem Wachsen des Kohlensäuregehaltes der Luft auf das 2,5- bis 3fache des heutigen die Temperatur der arktischen Regionen um 8—9° steigen würde, und ist daher geneigt, in einer Verminderung des Kohlensäuregehaltes der Luft den Anlaß der Eiszeit zu sehen; große Ungleichheiten des Kohlensäuregehaltes der Luft möchte auch er auf die Schwankungen der vulkanischen Thätigkeit zurückführen. Die Gründe dagegen haben wir soeben angegeben.

Handelt es sich also einstweilen nur erst um unbeweisbare Gedanken, so liegt darin doch noch ein dankenswerter Hinweis auf eine Lücke aller bisherigen Untersuchungen über Einflüsse kosmischer Natur im Klima unserer Erde insofern, als daran erinnert wird, daß alle Beziehungen zwischen Sonne (oder anderen Himmelskörpern) und Erde nicht im leeren Raume wohnen, sondern im stofferfüllten Weltraum (vgl. Bd. I, S. 72). Samt der Atmosphäre, die grenzlos in ihn übergeht, ist dieser im stande, jede Welle, sei es Licht, Wärme oder Elektrizität, die erdwärts flutet, wesentlich zu verändern. Könnte nicht das, was uns als Wirkung von Änderungen in der Sonne erscheint, die Folge von Änderungen des Mediums sein, das zwischen Sonne und Erde liegt? Jedenfalls darf dessen Dasein nicht ignoriert werden.

In all diesem Suchen nach kosmischen Gründen irdischer Klimaschwankungen liegt die Gefahr, daß, wenn man zu irgend einer vorausgesetzten Ursache, die sehr fern liegt, die Wirkungen sucht, man Abhängigkeiten

anzunehmen geneigt ist, wo in Wirklichkeit nur zufällige Gleichzeitigkeiten da sind. Es ist ein logisch nicht ungerechtfertigter, aber gefährlicher Weg. Vor ihm warnt den bedächtigen Denker die echt geographische Überlegung, daß es in allen Erscheinungen der Erdoberfläche eine Abstufung der verursachenden Kräfte nach Größe und Entfernung gibt, an die man bei jedem Versuch der Erklärung der Schwankungen jener Erscheinungen in erster Linie zu denken hat. Ein Zederwald auf Disko unter 70° nördl. Breite ist zunächst eine rein tellurische Erscheinung, zu dessen Erklärung man in aufsteigender Linie lokal günstigere Klimaverhältnisse, geringere Winterniederschläge, wärmere Luft- und Meeresströmungen, andere Verteilung von Land und Wasser, endlich die innere Erdwärme heranziehen kann, ehe man an die kosmischen Einflüsse, wie Veränderung der Erdachse und dergleichen, denkt, die viel zu fern und zu groß sind, als daß man sie für jeden einzelnen derartigen Fall so unbedenklich in Anspruch nehmen sollte. In der That haben sich gerade die geographischen, geologischen, astronomischen Fachmänner immer mehr von derartigen Spekulationen abgewendet, um zunächst einmal das Gesetz der Größe, Verbreitung, Dauer und Folge klimatischer Schwankungen festzustellen, deren Erkenntnis die Voraussetzung des Fortschreitens zu den Ursachen auf dem induktiven Wege ist.

Veränderungen in und an der Erde als Ursache von Klimaänderungen.

Der alte Glaube, daß das Klima unseres Planeten einst hauptsächlich durch die größere Eigen- oder Innenwärme der Erde wärmer gewesen sei und daß die Erde sich mit fortschreitendem Alter langsam abgekühlt habe, ist durch die Eiszeiten als unbegründet erkannt. Wohl mag die Erde kälter geworden sein und noch immer kälter werden, aber von einem regelmäßigen Fortschreiten dieses Prozesses kann nicht die Rede sein. Wir sehen warme und kalte Perioden in der Geschichte der Erde aufeinander folgen. Und wenn wir nach den Ursachen dieses Wechsels fragen, so können wir nur von den Zuständen der Gegenwart ausgehen, die uns als die größte Ursache der klimatischen Unterschiede auf der Erde von heute das wechselnde Maß der zur Erde gelangenden Sonnenwärme zeigt, die ungleich an Zonen und Landschaften, Wasser und Land, Höhen und Tiefen verteilt wird. Wie gewaltig durch diese die Zuteilung verändert wird, zeigt uns jede Karte der Wärmeverteilung (vgl. die „Klimakarte Europas" bei S. 491).

Bei einer durchschnittlichen Wärmeabnahme von ca. 0,6° auf 100 m Erhebung kann zunächst die Höhenlage eines Landes nicht ohne wesentlichen Einfluß auf das Klima sein. Nun haben wir gesehen, wie viele und wie große Schwankungen vor, gerade in und nach der Eiszeit eben in den Gebieten eingetreten sind, die vereist waren, und in den Nachbargebieten. Vor der Eiszeit lagen sie höher, und auch nach der Eiszeit stiegen sie empor, nachdem sie dazwischen gesunken waren. Man wird annehmen dürfen, daß, wenn ein Grönland von 1000 m mittlerer Höhe von Inlandeis bedeckt ist, dasselbe Land als Tiefland mit einem Randgebirge im Westen schneearm wäre und höhere Wintertemperaturen als Ostsibirien haben könnte. Und ähnlich würde sich ein ganzer Polarkontinent verhalten. Immerhin genügen aber solche Bodenschwankungen nicht allein, um die Eiszeiten zu erklären.

Ein nordatlantisches Land, das vielleicht von Franz Josefs-Land bis Island reichte, verschloß einst der warmen nordatlantischen Strömung den Weg in das Nördliche Eismeer, wo sie heute in hohem Grade erwärmend wirkt, zugleich aber auch eine Ursache reicher Niederschläge ist. Norwegen wäre nicht so gletscherreich, wie es ist, wenn seine Küsten nicht von Golfstromwasser umflossen und von den feuchtwarmen Wirbelstürmen des nördlichen Atlantischen Ozeans umbraust würden. War jenes einstige nordatlantische Land so trocken wie heute das Innere von Nordasien, so mochte sein Zerfall, der den tropischen Wassern Wege nach Norden öffnete, unter vermehrten Niederschlägen die gewaltigen Gletscherbildungen der Eiszeit anbahnen; ausschließliche Ursache der Eiszeit konnte er dagegen nicht sein. Auch solche

Betrachtungen müssen an den greifbaren Verhältnissen der Gegenwart geprüft werden. Wo finden wir im Klima der Gegenwart die Wirkungen der Verteilung von Land und Wasser? Und wo die Wirkungen der Höhenunterschiede? Das Übergewicht des Landes auf der Nordhalbkugel, des Wassers auf der Südhalbkugel tritt uns da zuerst entgegen. Ihm allein dankt die Nordhalbkugel einen Überschuß von Wärme, der sich in der Lage des Wärmeäquators nördlich vom Äquator und in dem Übertritt großer warmer Wassermassen von der Süd- auf die Nordhalbkugel infolge des Übergreifens des Südostpassats bezeugt. Die Verstärkung der warmen Strömung des nördlichen Atlantischen Ozeans durch die der Ablenkung eines Teiles des südlichen Äquatorialstroms nach Norden günstige Gestalt des nördlichen Südamerika und Mittelamerikas zeigen im Vergleich mit dem Kuroschiwo des Stillen Ozeans die großen Wirkungen von Landumrissen, deren Bedeutung auf den ersten Blick rein örtlich zu sein schien. Ebenso wichtig ist die Umschließung des Nördlichen Eismeeres durch Land, die nur den nordatlantischen Weg offen läßt, im Gegensatze zu den breiten Öffnungen des Südmeeres nach dem Südpol zu, die den Zufluß kalten Südwassers sowohl an der Oberfläche als in den Tiefen so sehr begünstigt. Wenn nun auch bei der Mannigfaltigkeit der Züge der Erdoberfläche deren klimatische Wirkungen sich an vielen Stellen ausgleichen werden, so ist doch die Möglichkeit nicht in Abrede zu stellen, daß ein der Erwärmung der Nordhalbkugel noch günstigerer Zustand sich einmal ausbilden könnte oder in früheren Perioden der Erdgeschichte sich ausgebildet hatte. Das Gegenteil ist aber ebensowenig in Abrede zu stellen. Was wäre nun voraussichtlich die Wirkung, wenn der nordatlantische Weg zum Eismeer beringstraßenähnlich geschlossen, wenn ein Golf von Mexiko und ein Antillenmeer die Stelle Südchinas einnehmen würden und dergleichen? Die heutige Begünstigung der Nordhalbkugel hat nur zur Folge, daß die Nordhalbkugel um ein Geringes wärmer als die Südhalbkugel ist; sie schiebt z. B., um eine erdgeschichtlich nicht unbedeutende Thatsache der Lebensverbreitung zu nennen, die Polargrenzen riffbauender Korallen nördlich vom Äquator nicht merklich weiter polwärts als südlich davon.

Offenbar reichen rein tellurische Gründe nicht zur Erklärung der Eiszeit hin. Außerdem sprechen gegen sie auch noch jene warmen Zeiträume zwischen den Vorstößen der diluvialen Gletscher, die das klimatische Bild der Eiszeit keineswegs vereinfachen. Es ist etwas anderes, wenn z. B. Theobald Fischer annimmt, daß die Ursache der weiten Zurückschiebung des tropischen Regengürtels nach Süden in den trockenen inter- und postglazialen Zeiten das Mittelmeer sei, und daß, als das Mittelmeer nur aus einigen kleinen Becken bestand, die subtropischen Regen mit dem Sonnenstand bis zum Nordrand reichen konnten. In so engen Bezirken darf man derartige Wirkungen für möglich halten.

Der Nachweis einer Eiszeit auf der südlichen Halbkugel zu annähernd gleicher Zeit wie auf der nördlichen stellt aber überhaupt die Frage nach ihrem Ursprung auf einen breiteren Boden. Wenn die genauere Untersuchung der dortigen Eiszeitspuren auch, wie zu erwarten, einen ähnlichen Gang der Abkühlung des Klimas nachweist, werden wir den Versuch der Erklärung aus örtlichen Verschiebungen der Lage der Meere und Erdteile und aus Höhenschwankungen zurückstellen müssen. Die kosmischen Ursachen werden dann wieder in den Vordergrund treten.

Von einer ganz anderen Richtung her wird diese Frage durch die Erkenntnis beleuchtet werden, daß Eiszeiten höchst wahrscheinlich keine Eigentümlichkeit des Endes der Tertiärzeit sind. Man glaubt paläolithische Glazialbildungen in Südafrika, im Himalaya, in Südindien, Australien, Tasmanien und Skandinavien erkannt zu haben. Faßt man alle diese Zeugen paläolithischer Eiszeiten zusammen, so zeigen sie eine ungemein weite Zerstreuung im

räumlichen Sinn, zugleich mit einer großen Übereinstimmung in wesentlichen Eigenschaften. In Südafrika, Indien und Australien sind es geschrammte Steinblöcke, die regellos in eine sandig-thonige Grundmasse gebettet sind, und auch ihre Unterlagen sind nicht selten gletscherhaft geschliffen. Bald erinnern sie ganz an den Geschiebelehm einer Grundmoräne, bald sind ihnen Gerölle in größerer Zahl beigemengt. Ihre Mächtigkeit ist oft sehr beträchtlich. Wo ihr Alter mit einiger Sicherheit bestimmt werden kann, liegen sie in Australien in den jüngsten paläolithischen Formationen, die man mit unserem deutschen Rotliegenden vergleichen kann, in Südafrika in den untersten Teilen der Karruformation, in Indien am Fuße der Gondwanaformation; beide Lagen entsprechen der australischen. Die jüngsten paläolithischen Bildungen sind an einigen Stellen ausgesprochene Landbildungen, an anderen machen sie den Eindruck, als ob die geschrammten Geschiebe als Eisbergfracht auf den Meeresboden gelangt seien (vgl. oben, S. 281). Unerklärt ist bis heute die Schichtung dieses alten Gletscherschuttes, die bei den australischen Ablagerungen so deutlich ist, daß man auf die Hypothese einer Art Schieferung durch Druck verfallen ist. Ferner entsprechen eigentümliche facettierte Geschiebe, die sowohl in Indien als in Australien gefunden sind, keiner Form des gewöhnlichen Glazialgerölles, sind auch durch Gletscherwirkung nicht zu erklären. Die Richtung der Schrammen ist in vielen Fällen meridional, doch ohne jene Beziehung auf einen der Erdpole, die wir von den diluvialen Eiszeitspuren kennen. Diese auf der Südhalbkugel nachgewiesenen paläolithischen Gletscherschuttlager liegen vielmehr um den Indischen Ozean, wo Penck ihnen einen (einstweiligen) Mittelpunkt unter dem Wendekreis des Steinbockes und in 86° östl. Länge gibt. Es ist abzuwarten, ob nicht auch an der Basis der jüngst entdeckten südamerikanischen Gondwanaschichten ähnliche Spuren gefunden werden. Sicherlich handelt es sich hier um Erscheinungen von der größten Tragweite. Über alle Zweifel festgestellt, werden sie vor allem das Feld der Spekulationen über geologische Klimate einengen. Die Gesamtwärme der Erde konnte nicht höher sein als heute, wenn Eiszeiten schon damals und nun erst in so niederen Breiten möglich waren.

Änderungen und Schwankungen des Klimas in geschichtlicher Zeit.

Noch in geschichtlicher Zeit haben Klimaänderungen in beträchtlichem Maße die Kulturarbeiten der Menschen begleitet. Die Entwässerungen und Bewässerungen, die Entwaldung und überhaupt die Umwandlungen der Pflanzendecke durch den Ackerbau, endlich die Ausdehnung der Siedelungen (s. oben, S. 432, das über den Einfluß der Städte auf die Wärme Gesagte) sind nicht ohne Wirkung auf die Wärme und die Niederschläge geblieben. Auch die Ausdehnung der Stätten der Großindustrie, die große Dampf- und Rauchmassen in die Atmosphäre werfen, ist zu bedenken. Offenbar handelt es sich aber dabei doch um mehr oder weniger örtliche Erscheinungen. Das kann wohl auch noch von der seit der Normannenzeit und besonders seit Anfang des vorigen Jahrhunderts fortgeschrittenen Vergletscherung Islands angenommen werden, wo man auch an eine Abnahme der vulkanischen Wärme denken könnte. Suchen wir Zeugnisse für große Klimaänderungen in den meteorologischen Aufzeichnungen, so finden wir bis heute keinen sicheren Anhalt. Allerdings reichen die zuverlässigen Beobachtungen selten weiter als 100 Jahre zurück. Wie viele Täuschungen aber in diesen und ähnlichen Beobachtungen möglich sind, haben wir schon in der Besprechung der Angaben über Wasserabnahme gesehen (s. oben, S. 28, 196).

Die Daten über die Weinlese und andere vom Klima abhängige landwirtschaftliche Momente sind meistens nicht ohne weiteres für die Begründung von Klimaänderungen zu

brauchen. Denn vom Rhein und von der Mosel weiß man, daß die Weinlese aus weintechnischen Gründen sich im Laufe des 19. Jahrhunderts immer mehr verspätet hat. Was wir von den alten Grenzen des Weines, des Ölbaumes, der Dattelpalme im Mittelmeergebiet wissen, stimmt oft genau mit dem gegenwärtigen Zustand überein. Die Wein- und Ölernte fand annähernd zur selben Zeit statt. Wo thatsächlich große Veränderungen eingetreten sind, das ist in der Ausdehnung des Waldes in Südeuropa und in der Kulturarbeit am Rande der nordafrikanischen Wüste. Sicher war die Wüste einst weiter zurückgedrängt. Wohl schließt Partsch aus der Lage der Städte, daß in alter Zeit die Seen an der nordafrikanischen Küste nicht voller waren als heute, aber immerhin ist die Wahrscheinlichkeit eines wesentlich anderen, nämlich feuchteren Klimas für Nordafrika und die asiatischen Mittelmeerländer am wenigsten in Abrede zu stellen.

Während also noch alle in einer Richtung fortschreitenden Klimaänderungen zweifelhaft sind, sind bestimmt Schwankungen der Wärme und der Niederschläge nachgewiesen. Wir haben die Schwankungen der Randmeere, Seen und Flüsse S. 198, der Gletscher S. 377 kennen gelernt, die auf Klimaschwankungen beruhen müssen. Zuerst wurden die auffallenden Schwankungen des Kaspischen Sees erkannt und später von Brückner auf Klimaschwankungen in Perioden von mehr als 30 Jahren, vielleicht bis 35 Jahren, zurückgeführt. Dann traten in dem Vorschreiten und Zurückgehen der Gletscher erkennbare Schwankungen hervor, für die zum ersten Male der Münchener Meteorolog Lang einen Zusammenhang mit dem Wechsel warmtrockener und feuchtkühler Jahresreihen in den Alpen nachwies. Brückner hat auch im Wasserstand der Ostsee, des Schwarzen Meeres und kleinerer Seen dieselben Bewegungen gefunden wie im Kaspischen See, er verfolgte sie durch die Wasserstände der Flüsse, die Niederschlagsmengen der verschiedensten Länder und endlich bis in die Wärmeschwankungen, die man in der Eisdecke der Flüsse und in der Weinernte durch Jahrhunderte erkennen kann. Unter anderem wies er nach, daß der Hafen von Sankt Petersburg in der Kälteperiode 1806 bis 1820 durchschnittlich drei Wochen länger eisverschlossen war als in der Wärmeperiode 1821—1835. Die Beobachtungen wurden auf außereuropäische Gebiete und auf Länder der Südhalbkugel übertragen.

In der Gesamtheit der Niederschläge und aller von ihr abhängenden geographischen Erscheinungen, wie des Wasserstandes der Flüsse und Seen und relativ geschlossenen Meeresräume, der Mächtigkeit der Glescher, kann man, so scheint es, eine ungefähr 30jährige Periode beobachten, die um 1830 und 1860 eine Trockenperiode zeigt, gefolgt 1850 und 1880 (?) von einer nassen Periode. Daneben scheint aber auch die elfjährige Sonnenfleckenperiode sich in der Verteilung der Niederschläge auszusprechen. Wir heben nur Eliots Angaben hervor, wonach in dem Zeitraum 1869—1894 die Abweichungen von der normalen Regenmenge in Ceylon und im Karnatik in den fünf Jahren um das Fleckenminimum ein Minus von 10, in den fünf Jahren um das Fleckenmaximum ein Plus von 53 mm zeigen. Auch Symptome früherer Ankunft des Monsuns in den letzteren und späterer in den ersteren Jahren will man beobachtet haben. In Luftdruckschwankungen stellte sich gleichfalls eine Periode heraus, die mehr als 30 Jahre umfaßt. Wenn mit dem Vordringen ins Innere der Kontinente diese Schwankungen sich verschärfen, so mag das darin begründet sein, daß sich in manchen Beobachtungen ein Einfluß der meridionalen Lage auf die Klimaschwankungen in dem Sinne zeigt, daß in einer Gruppe von Seen die Schwankung wandert, z. B. vom Urumiasee zum Goktschai, vom Nyassa zu den Nilquellseen. Der letzte erkennbare Anlaß auch dieser Schwankungen kann immer nur in der Wärmeverteilung liegen.

Auch die Gewitter stehen in engem Zusammenhang mit den allgemeinen Witterungsverhältnissen. Jeder Erhebung und jedem Thal der Temperaturkurven entsprechen Erhebungen und Senkungen in der Gewitterkurve. Weniger innig ist der Zusammenhang zwischen Gewitter- und Sonnenfleckenkurven, und es sind nur die großen (Wolfschen) Sonnenfleckenperioden von 56 Jahren, welche in diesem Zusammenhang stark hervortreten. 1786 und 1842 zeigen Minima der Gewitter und Maxima der Sonnenflecken. Nur beiläufig sei erwähnt, daß auch eine 26tägige Gewitterperiode, die zusammenhängt mit der Rotation der Sonne, sehr wahrscheinlich ist. Sie würde der sehr scharf ausgesprochenen 26tägigen Periode entsprechen, die in den magnetischen Erscheinungen sich geltend macht.

Die Forschung ist noch in einer anderen Richtung den Ungleichheiten der Wärmeverteilung über die Erde nachgegangen, die auch immer Ungleichheiten des Luftdrucks und der Niederschläge hervorbringen müssen. Sie zeigte, daß, wenn der Erde in einem Jahre oder einer Jahresreihe mehr Wärme von der Sonne zugestrahlt wird als sonst, die Gebiete hohen Luftdruckes zu beiden Seiten des Äquators polwärts vorgeschoben werden; und ebenso verlegen sich die Bahnen der Depressionen, die nördlich und südlich von ihnen hinführen, und es ändert sich damit der Witterungscharakter bis in hohe Breiten hinauf symmetrisch auf beiden Halbkugeln. Solche Verlegungen, welche Jahre anhalten, sind für die Sturmbahnen schon früher nachgewiesen worden, und die indischen Meteorologen haben die Abhängigkeit des Eintrittes des Monsuns von der Stärke des Luftdruckes im Hochdruckgebiet des südlichen Indischen Ozeans nachgewiesen, die ihrerseits wieder mit Temperaturschwankungen in der Antarktis zusammenhängen. Speziell für Europa liegt der Grund der Trockenzeiten in der Verminderung des Luftdruckes über dem Nordatlantischen Ozean und einer entsprechenden Erhöhung desselben in jener schon besprochenen Richtung Azoren–Nordosteuropa, von deren Lage und Stärke die Witterung Europas abhängt. Man möchte zwar sagen, diese Studien berühren nur den Übertragungsmechanismus, aber sie lassen uns eben dadurch die Beziehungen ganzer Komplexe von Witterungserscheinungen untereinander und zur Sonne deutlicher erkennen.

Wenn wir nun noch einmal auf jene Klimaänderung am Ende der Tertiärzeit zurückblicken, die uns am besten bekannt ist, so sehen wir, daß thatsächlich die Veränderung des Klimas in der Eiszeit niemals eine Umwälzung in den einzelnen Klimagebieten, sondern eine Abschwächung der einen und Verstärkung der anderen Merkmale immer in den Grenzen der bis heute bestehenden Klimaprovinzen gewesen ist. In den meisten Fällen nahm die Wärme ab, die Feuchtigkeit folgte, aber vielleicht nicht in demselben Verhältnis. Regenreiche Gebiete, wie Norwegen und Nordwestamerika, waren auch damals regenreich, Nordasien war auch damals niederschlagsarm, der Südostabhang der Alpen war wie heute niederschlagsreicher als der West- und Nordabhang. Wir gewinnen den Eindruck, daß ähnliche Schwankungen der Gletscher, nur stärkere und dauerndere, als sie in den „Brücknerschen Perioden" noch immer auftreten, die Hauptursache der Eiszeiten waren. Alle anderen Einflüsse, die wir besprochen haben, mögen zeitweilig mitgewirkt haben, besonders Änderungen der Land- und Wasserverteilung und der Höhenverhältnisse. Aber entscheidend sind Vorgänge auf der Sonne oder in den Räumen gewesen, durch welche die Sonnenstrahlen ihren Weg zur Erde zu machen haben.

---

7. Das Klima und das Leben.

Inhalt: Verschiedenheit der klimatischen Einflüsse. — Die Luft als Lebenselement. — Das Licht und das Leben. — Die Farben des Lebens. — Wärme und Leben. — Die Temperaturen der Lebensvorgänge. — Die Akklimatisation. — Der Wärmeschutz. — Der Einfluß der Feuchtigkeit auf das Leben. — Tages- und Jahreszeiten im Pflanzen- und Tierleben. — Abstufung des Lebens vom Äquator zu den Polen. — Die klimatischen Höhengrenzen des Lebens. — Lebenszonen.

Verschiedenheit der klimatischen Einflüsse.

Die klimatischen Einflüsse treffen das Leben nicht wie ein Einzelnes, Abgelöstes, sondern im Zusammenhang mit der ganzen Erde. Die Sonne bildet mit strahlender Wärme und Luftwärme, durch Verdunstung, Niederschläge und Wasserfrost, endlich mit Strömungen, die sie in der Luft und im Wasser erregt, die Erdoberfläche um; und diese nie ruhende, immer fortschreitende Arbeit rüttelt ununterbrochen an den Daseinsbedingungen des Lebens. Klimatische Einflüsse im weitesten Sinne haben den Boden geschaffen, auf dem sich Pflanzen erst einwurzeln konnten, als er mit einer Verwitterungsdecke von Schutt, Sand, Thon bedeckt war; sie haben dem Leben im eigentlichen Sinne vorgearbeitet. Sie haben im Verein mit inneren Erdbewegungen die Unterschiede von Höhe und Form hervorgerufen, die dem Leben Berge und Thäler, Hochländer und Tiefländer, Höhlen und Schluchten anwiesen. Von Wärme und Niederschlag hängen die Größe der Flüsse und Seen, die Vergletscherung, der Quellenreichtum, die Steppen und Wüsten ab. Winde und Meeresströmungen trugen die Keime vieler Lebewesen von einer Stelle zur anderen. So gibt es also eine Menge von mittelbaren Wirkungen des Klimas auf das Leben, die man nicht vergessen darf, wenn man von den Zusammenhängen zwischen Klima und Leben spricht. Diese Zusammenhänge liegen heute wie etwas längst Fertiges vor uns; aber jede Überschwemmung, jeder Bergsturz verändert die Lebensbedingungen, und zwar nicht bloß vorübergehend. Hier trägt eine Lawine eine ganze Kolonie hochalpiner Pflanzen in die Tiefe, dort zerstört sie eine vorgeschobene menschliche Ansiedelung und drängt dadurch die Kulturgrenze an einem Berghang zurück; das sind ihre augenblicklichen, greifbaren Wirkungen. Die Veränderungen des Bodens, die sie hervorruft, wirken dagegen in die Zukunft hinein: der Schneefall ist die entfernte Ursache, die Lawine ist das Werkzeug, das außer augenblicklichen Wirkungen einen neuen Zustand hervorruft, der weiterwirken wird.

In den unmittelbaren Wirkungen des Klimas auf das Leben muß man unterscheiden zwischen solchen, die das Leben selbst in seinem inneren Wesen verändern, und solchen, welche die Lebensregungen und besonders die Bewegungen beeinflussen. Eine Frostperiode von größerer Dauer zwingt eine Pflanze, ihr Wachstum früher einzustellen, und es entsteht eine Zwergform; dieselbe Frostperiode veranlaßt ein Tier des nördlichen gemäßigten Klimas, von Norden nach Süden zu wandern, um ein günstigeres Klima zu suchen. Jene physiologische Wirkung kann sich über weite Gebiete erstrecken und bei oftmaliger Wiederholung so große Umgestaltungen bewirken, daß sie Gegenstand der geographischen Forschung und Darstellung werden muß; so z. B. die Verzwergung des Waldes an der polaren Waldgrenze oder das Vordringen der Steppe in Waldgebiete. Diese andere dagegen ist durchaus geographisch, denn jede äußere Bewegung eines Lebewesens ändert den Ort desselben und damit seine Lage auf der Erde. Es ist sehr wichtig, beide Einflüsse auseinanderzuhalten. Daß man sie durcheinander wirft, ist eine Hauptursache der Unklarheit und Verschwommenheit so vieler Betrachtungen, die

über den Einfluß der geographischen Bedingungen auf das Leben, besonders auch das Völkerleben angestellt werden.

Die Luft als Lebenselement.

Alle grünen Pflanzen leben von der Kohlensäure der Luft, während alle Tiere, Binnenparasiten ausgenommen, den Sauerstoff derselben atmen. Die Unterschiede der Menge dieser für das Leben wichtigsten Bestandteile der Luft üben keinen entsprechenden Einfluß auf die Verbreitung des Lebens. Sauerstoff und Kohlensäure sind an jeder Stelle der Erdoberfläche in praktisch unbeschränkter Menge vorhanden. Eine Thatsache, wie die Übereinstimmung des Baues der Pflanzen am Meeresrand, in den Polarländern und in 5000 m Höhe der Hochgebirge der Tropen, spricht gegen den Einfluß der Verminderung des Kohlensäuregehaltes mit der Höhe. Auch von jenen Stickstoffverbindungen, die wahrscheinlich die Lateritbildung begünstigen (s. Bd. I, S. 602) und damit die Bildung des Pflanzenbodens beeinflussen, kennt man keine unmittelbaren Wirkungen auf die Lebensvorgänge. So bleibt also nur der Wasserdampf der Luft übrig, der einen starken Einfluß auf das Leben übt, aber ganz vorwiegend nur, nachdem er zu Regen oder Tau verflüssigt wurde. Wasserdampf unmittelbar aus der Luft nehmen wahrscheinlich nur Wüstenpflanzen auf.

Das Leben der Tiere und Menschen ist nur möglich, wo Sauerstoff eingeatmet werden kann. Ob er einfach durch die Körperhülle eintritt, ob ihn Lungen, Kiemen oder die Darmschleimhaut aufnehmen, macht dabei keinen Unterschied. Zwar finden wir Tierleben an Stellen, wo die Luft mit Gasarten geschwängert sein muß, die vielen Tieren giftig sein würden; so leben Insektenlarven in faulenden Stoffen. Besonders aber müssen die Eier von Tieren der verschiedensten Art unempfindlich gegen Gase sein, welche die erwachsenen Tiere nicht zu ertragen vermöchten. Eine beschränkte Anzahl von Bakterien, die aber weitverbreitet sind, lebt unabhängig vom Sauerstoff, Luftscheue, Anaerobe, wie ihr erster Entdecker, Pasteur, sie nannte; sie bestreiten zum Teil durch Zersetzung ihres eigenen Eiweißes ihren Lebensaufwand, zum Teil durch Zersetzung von Schwefelwasserstoff (Schwefelbakterien), Ammoniak und Salpetersäure (Nitrobakterien); die letzteren assimilieren sogar den Stickstoff der Luft.

Das Leben vieler Organismen ist an einen bestimmten Druck der Luft oder des Wassers gebunden, der nicht mit der Menge der Luft zu verwechseln ist. Die Bergkrankheit, von der Menschen und Tiere in großen Höhen befallen werden, hat wahrscheinlich nichts mit der Verminderung des Luftdruckes zu thun, sondern kommt von der Verminderung des Sauerstoffes, wodurch wahrscheinlich Ernährungsstörungen des Nervensystems hervorgerufen werden. Dagegen ist es wohl der Abnahme des Luftdruckes zuzuschreiben, wenn von aufsteigenden Winden rasch in die Höhe gerissene Vögel oder Insekten plötzlich tot herabstürzen. Sicherlich sterben an Verminderung des Druckes Fische, die man mit zersprengter Schwimmblase an die Oberfläche des Wassers kommen sieht. Durch den großen Druck der Wassersäule werden anderseits die Bewegungen in der Tiefsee vermindert, daher bei Tiefseetieren schwache, faserige, von Hohlräumen durchsetzte Knochen oder mangelhafte Verknöcherung, Fortbestand des ursprünglichen Knorpels, schwache Verbindung der Knochen, Schwäche der Bewegungsmuskeln; an die Stelle flacher Hautknochen tritt Haut, die Respirationsorgane sind schwach entwickelt.

Wie der Wind zur Verbreitung des Lebens beiträgt, werden wir im nächsten Kapitel kennen lernen. Der Winddruck hat seinen Anteil an der Stärke und Zähigkeit der Stengel und Stämme. Er wirkt auch auf Lebensformen ein, die an den Boden gebannt sind, indem er sie

in seiner Richtung biegt. Es genügt oft, die Richtung der Bäume zu sehen, um zu wissen, woher der vorwaltende Wind weht; die Bäume der Kapverdischen Inseln zeigen, wo sie frei stehen, in der Richtung ihrer Äste genau den aus Nordosten kommenden Passat an. In Bäumen, die ganz an den Boden gedrückt sind, wie die Legföhre und anderes Krummholz, sehen wir den höchsten Grad dieser Wirkung. Viele Pflanzen ertragen starke Winde nicht, besonders wegen der Austrocknung der Gewebe, und so scheint besonders in Ländern mit trockenem und windigem Winter der Wind dem Baumwuchs Grenzen zu setzen. Noch innerhalb des Waldgebietes fehlt in Nordsibirien der Wald den windbestrichenen Hängen, und die Dänemarkinsel in Ostgrönland ist vom Föhn in eine vegetationsarme und vegetationsreiche Hälfte geteilt; wo der Wind hinkam, waren die Zweige wie abgenagt, und das Mark lag an der Oberseite frei. Das Fehlen der Bäume auf Höhen, die noch unter der klimatischen Baumgrenze liegen, z. B. in unseren Mittelgebirgen, führt großenteils auf den Mangel allen Schutzes gegen Wind zurück. Umgekehrt sind auf Inseln vielfach die Küsten besonders stürmisch und bieten Pflanzen keine Möglichkeit des Fortkommens, die weiter innen im Land gedeihen; so scheint es auf Sachalin zu sein, wo die Birkenregion ostasiatische Formen beherbergt, die weiter unten fehlen.

Das Licht und das Leben.

Die Welt, die wir um uns sehen, ist eine Welt des Lichtes. Sie ist im Licht geworden und gewachsen. Nicht bloß der Wirkungen der Wärme halber nennen wir sie sonnenhaft, sondern weil sie Farben trägt, die der Brechung des Sonnenlichtes ihr Dasein verdanken. Nicht nur die Blüten sind geschaffen, um das Licht in allen Brechungen und Tönungen festzuhalten und näher zu bringen. Wie wären grüne Blätter ohne Licht möglich? Die Tierwelt ist in manchen Gruppen (Vögel, Reptilien, Schmetterlinge, Käfer, Hochseetiere) noch leuchtender und bunter als die Welt der Pflanzen. Ja sogar in der Färbung der menschlichen Haut, die ein so wichtiges Rassenmerkmal bildet, ist das Licht wirksam. Sehen wir, wie weit von der Farbenfülle des Lebens an der Erdoberfläche und in der Luft das Schwarz, Weiß und Grau der Tiefseetiere abweicht, wie blaß die Höhlentiere sind, wie die Organe der Lichtempfindung dort verkümmern, wo das Sonnenlicht fehlt, wie aber doch alle diese Blassen und Blinden nur eine kleine Minderheit von zum Teil rückgebildeten Formen sind, dann werden wir nicht zögern, einzustimmen: das Leben der Erde ist wesentlich ein Leben im Licht und vom Licht.

Zerlegen wir das Licht in seine Farben, so sind die für das Pflanzenleben wirksamsten die blauen, denen die roten sich anreihen; die grünen üben nur schwachen Einfluß. Den ultravioletten Strahlen aber ist eine wachstumhemmende Kraft eigen, die durch die Tötung von Bakterien ungemein wichtig wird. Immer geht mit starker Belichtung auch die Einwirkung von chemischen oder Wärmestrahlen zusammen, so daß nie von der Wirkung des Lichtes allein gesprochen werden kann. Darin liegt die Schwierigkeit, die Folgen des Lichtreichtums und des Lichtmangels im Leben zu ermessen. Ohne Licht gibt es keine Kohlensäure-Assimilation, also überhaupt fast kein Pflanzenleben; nur wenige Pflanzen, die im Dunkeln leben, nähren sich von der Kohlensäure verwesender organischer Stoffe. Licht, in Wärme umgesetzt, befördert die Transpiration, die mit der Belichtung wächst. Das Licht beeinflußt das Wachstum und die Bewegungserscheinungen. Daher rührt das Gebundensein des weitaus größten Teiles des pflanzlichen Lebens an die Erdoberfläche und seine rasche Abnahme mit der Tiefe in der Erde wie im Wasser. Ist auch an der Erdoberfläche die Lichtverteilung äußerst ungleichmäßig, so ist doch kein Teil der Erdoberfläche so lichtarm, selbst nicht in der Polarnacht, daß er wegen Mangels

an Licht vom Leben entblößt wäre. Meeresalgen entwickeln Früchte an der Küste Spitzbergens mitten in der Polarnacht und bei 1,5—0° Wärme. Wohl aber zeigt uns der Gegensatz von Licht- und Schattenpflanzen, wie mannigfaltig die Abstufungen des Lichtbedürfnisses sein können, und diese Abstufungen ordnen sich in vielen Fällen nach geographischen Gebieten. So sind in den Polarländern die durch Wolken und Nebelreichtum lichtärmeren Küsten- und Schärenlandschaften pflanzenärmer als das häufiger besonnte Innere der Fjorde. Selbst bei einzelnen Bäumen tritt die Belaubung manchmal früher auf der Sonnenseite ein, und arktische Silene acaulis-Rasen bedecken sich auf der Südseite mit Blüten, wenn die nordwärts gekehrte Seite noch blütenlos ist. Dabei kommt aber nicht bloß die Lichtstärke, sondern auch die Beleuchtungsdauer in Betracht. Die Gerste braucht von der Aussaat bis zur Reife in Finnland oder im nördlichen Norwegen 89 Tage, während sie in Schonen 100 braucht. Auch das Meer hat seine „Schattenflora" von einzelligen Algen, Diatomeen und Peridineen, die das intensive Licht an der Meeresoberfläche scheuen, nur in 80—100 m Tiefe erscheinen, aber auch nicht in das Dunkel unterhalb 300 m hinabtauchen.

Der landschaftlich so wichtige Unterschied von *Schattenpflanzen* und *Lichtpflanzen* wird außerordentlich verstärkt durch den Schatten, den die Pflanzen selbst werfen. Sie bestimmen dadurch die Lichtmengen, die den in ihrem Schatten lebenden Pflanzen und Tieren zukommen. Die Lichtmenge unter einem dichtbelaubten Baum geht unter das Maß der Dämmerung herab. Nach den Untersuchungen von Wiesner verhielten sich an einem sonnigen Maitag das freie Licht, das Licht in der Krone eines Kastanienbaumes und das Licht im Schatten des Baumes wie 29 : 21 : 1. Indem die Größe, die Form und die Farbe der einzelnen Pflanzen vom Licht beeinflußt werden, trägt das Licht zur Gestaltung und Zusammensetzung der Pflanzenvereine bei. Eine auf allen Seiten freistehende Tanne ist gleichmäßig ausgebildet, nimmt daher Kegelform an, während sie im Wald, von anderen Bäumen umgeben, nur eine kleine Krone hinaufstrebender Äste zeigt, im übrigen bis hoch hinauf von Zweigen umgeben ist, die im Schatten abgestorben sind.

Da das Licht das Wachstum der Sprossen hemmt, sind die sonnenliebenden Pflanzen oft gedrängt und kurzgliederig, die schattenliebenden hoch und langgliederig; die Blätter der Maiblume sollen in der Sonne kaum ein Drittel der Größe der im Schatten stehenden erreichen. Starke, oft lederartige, glänzende, Licht zurückwerfende Blätter finden wir bei Sonnenpflanzen: „Das in der tropischen Pflanzenwelt überall stark vertretene lederharte, ovale, ganzrandige, tief dunkelgrüne Blatt wirkt wie ein Malachitspiegel" (Bürger). Blätter sonnenliebender Pflanzen sind auch öfters gefaltet und kraus, und ihre Zweige verholzen, bilden Dornen, bedecken sich mit Haaren bis zur Verfilzung. Besonders suchen aber die Blätter und Zweige durch ihre Stellung sich der allzu starken Besonnung zu entziehen, der Sonne nicht volle Flächen darzubieten. So wie die lichtscheuen Algen von einer beleuchteten Stelle eines Tümpels zu schattigeren wandern, so wandern auch die Chlorophyllkörner nach und von dem Licht. Daher ruft stärkeres Licht oft hellere, schwächeres dunklere Blätter hervor. Pflanzen, die im Schatten leben, haben Vorrichtungen, um das Licht auf ihre Chlorophyllkörner zu konzentrieren; das märchenhafte grüne Leuchten des Leuchtmooses Schistoteca osmundacea in Granitgrotten des Fichtelgebirges hängt damit zusammen. Man hat die *Augen* mit dem Chlorophyll verglichen. In der That sind die Augen bei den Tieren die Träger der Beziehungen zum Licht, so wie es das Chlorophyll bei den Pflanzen ist. Wo die Lichtempfindung fehlt, da verkümmern auch bei vielen Tieren die Augen, deshalb gibt es blinde Tiere in Höhlen und Erdgängen und blinde Binnenparasiten. Der

Maulwurf, der Höhlenpapagei, der Olm der Adelsberger Höhle, Fische, Insekten, Krebse sind unter solchen Umständen blind. Wo es geschieht, daß ein Tier im Jugendzustand im Lichte lebt, um dann im Alter ins Dunkel sich zu begeben, da ist es im Jugendzustand sehend und im Alter blind. Bald ist in solchem Falle das Auge zugewachsen, bald linsenlos, bald ist der Sehnerv verkümmert. Indessen ist diese Verkümmerung nicht unvermeidlich, denn es gibt Höhlentiere mit wohlgebildeten Augen, und bei allen Arten des amerikanischen Höhlenkäfers Machaerites ist das Weibchen blind, das Männchen sehend. Auch gibt es blinde Tiere an Stellen, wo der Gesichtssinn von Nutzen wäre.

Unter dem Land in Licht und Sonne liegt die vom Sonnenlicht nicht mehr erreichte Tiefsee: die Extreme des Lichtreichtums und des absoluten Mangels des Sonnenlichtes. Die Tiefsee ist ohne alles höhere Pflanzenleben, weil das Sonnenlicht nicht bis zu ihr dringt. Zu dem Lichtmangel kommt in der Tiefsee die Kälte und die Einförmigkeit des Substrats, und so wird daraus der eigentümlichste aller Lebensbezirke, der abyssale Lebensbezirk. Die Merkmale der Tiefseefische erscheinen vereinzelt schon bei Bewohnern der Wasserschichten von 80 bis 120 Faden. Hier findet man die schwarze Färbung des Schlundkopfes, die sich dann in größerer Tiefe auf alle Körperhöhlen ausdehnt, und die Augen werden entweder größer oder gehen der Verkümmerung entgegen. Bei den eigentlichen Tiefseeformen herrschen die einfachen Farben Weiß, Schwarz, Bläulich, Rötlich. Bei Tiefseegastropoden verkümmert oder verschwindet das Sehorgan, von den Tiefsee-Isopoden sind 34 augenlos, 18 haben vollkommen entwickelte Augen; allerdings gibt es auch blinde Seichtwasser-Isopoden. Schwächere Färbungen sind die Regel, auch bei Muscheln, Seeplanarien und anderen, wohl kommen aber auch umgekehrt einzelne ungemein lebhafte Farben vor. Manche Tiefseekrustaceen sind mit Leuchtorganen ausgestattet. Bei Tiefsee-Isopoden beobachtet man Tasthaare, welche die verkümmerten Augen ersetzen sollen, und auch andere Neubildungen, die möglicherweise Sinnesorgane darstellen. Während die Zahl der phosphoreszierenden Seetiere groß ist, sowohl an der Oberfläche als in der Tiefe, und Angehörige der verschiedensten Gruppen umfaßt: Infusorien, Quallen, Polypen, Würmer, Tunikaten, Fische, kennt man nur wenige leuchtende Landtiere. Bei uns ist das bekannte Leuchtkäferchen, Lampyris, der einzige Vertreter, in den Tropen gibt es noch einige leuchtende Käfer, Tausendfüßer und Würmer. Unter den Pflanzen leuchtet nur eine Anzahl von Bazillen stark und regelmäßig.

Die Farben des Lebens.

Die Farben der Organismen sind nicht bloß eine Lichterscheinung für unsere Augen, sie stehen auch in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Licht der Sonne. Nach den Farben, in welche die Erdoberfläche das Sonnenlicht bricht, richten sich vielfach die Farben der Organismen. Nichts ist in dieser Beziehung interessanter als die Farblosigkeit und glasartige Transparenz der pelagischen Tiere, von denen viele, ganz entsprechend der vorwaltenden Farbe des Meerwassers, ins Bläuliche schimmern. Wo aber größere Tanganſammlungen im offenen Meere schwimmen, wie in der sogenannten Sargassosee, da findet man auch bräunliche und grünliche Mollusken und Würmer, die sich den Farben der Algen angepaßt haben. In Küstennähe, wo das Meer die mannigfaltigsten Beleuchtungsverhältnisse hat, herrscht auch der größte Farbenreichtum, der weit den blumiger Wiesen übertrifft. Es ist ein Farbenreichtum, der z. B. nicht auf die Korallen beschränkt bleibt, sondern auch die in und an den Korallenriffen lebenden Fische so farbenreich macht, wie kein anderer Wohnort. Von diesen Anpassungen sind unmittelbare

VEGETATIONSBILD VON CEYLON MIT CORYPHA UMBRACULIFERA.

Nach Aquarell von *Ernst Haeckel.*

Wirkungen des Lichtes schwer zu sondern. Und auf der anderen Seite sind die unmittelbaren Wirkungen des Lichtes noch schwerer von denen der Wärme und Elektrizität zu trennen, die zusammen mit jenem von der Sonne ausgeworfen werden. Die Lichtdurchlässigkeit höherer, wasserdampfarmer Luftschichten könnte den Farbenreichtum und die Großblütigkeit der Gebirgspflanzen begünstigen. Die starke Insolation tritt vielleicht in Verbindung mit der großen Trockenheit, wenn sie die Entwickelung blauer Farben so begünstigt wie im Hochgebirge; es gibt sehr lebhaft blau blühende Alpenpflanzen, und die Gebirge Zentralasiens und des Himalaya sind durch auffallend viel glänzend blaue Vögel ausgezeichnet. Es ist also schwer zu sagen, ob wir die unzweifelhaft lebhafteren Farben der allerverschiedensten Pflanzen und Tiere in den wärmeren Erdstrichen mehr dem Lichte oder der Wärme zuschreiben sollen. Sie sind in erster Linie überhaupt der Ausdruck einer größeren Wachstumsenergie. Dafür spricht auch, daß nicht in erster Linie der Glanz der Farben, sondern die Größe der farbigen Organe, besonders der Blüten, Blütenscheiden und dergleichen, uns in den Tropen auffällt (s. die beigeheftete farbige Tafel „Vegetationsbild von Ceylon"). Ähnlich sind die Schnecken und Muscheln der tropischen Meere in erster Linie größer, dann aber lebhafter gefärbt. Gleiches gilt von den Insekten. Auch sind die glänzenden Färbungen oft eigentümlich verteilt. Die Raubvögel und Wasservögel sind im ganzen überall trüb, weiß, grau, schwarz gefärbt, sehr viele Säugetiere sind überall braun und grau, so die hirsch- und antilopenartigen, die großen Dickhäuter, die Affen.

Besonders häufig wird die Farbe zur Erzeugung schützender Ähnlichkeiten benutzt. Tiere, die dem Erdboden, der Rinde der Felsen, den Blättern der Bäume, selbst dem Schnee, worauf sie leben, so ähnlich in der Farbe sind, daß man sie nicht zu unterscheiden vermag, sind sehr häufig. Die Wüste hat nicht bloß braune und graue Säugetiere, Vögel und Reptilien, sondern auch ebenso gefärbte Käfer und Skorpione. Nicht nur der Eisbär, der Eisfuchs, der Schneehase, sondern auch das Schneehuhn und der Schneefink sind weiß wie der Schnee der Polargebiete oder der Hochgebirgsfirn. In den blattreichen Urwäldern der Tropen, die an intensivem Grün weit alle Landschaften der gemäßigten Zone übertreffen, leben Käfer, Wanzen und Heuschrecken, die nicht bloß den Blättern an Form, sondern vor allem auch in der Farbe gleichen. Eine eigentümliche Erscheinung ist die durch die Augen bewirkte Anpassung an die Farbe der Umgebung, die man chromatische Funktion nennt. Von Süßwasser- und Seefischen ist es lange bekannt, daß sie ihre Farbe der Umgebung anzupassen wissen und dadurch einen Schutz gegen ihre Nachsteller erwerben; auch der Flußbarsch und der Süßwasserstichling haben diese Fähigkeit. Diese Veränderungen geschehen durch die Zusammenziehung oder Ausdehnung von Farbstoff enthaltenden Zellen in der Haut (Chromatophoren), vom Auge und von den Sehnerven aus; darum wechseln Tiere, die zufällig blind sind, die Farben nicht.

Wärme und Leben.

Man kann das Leben mit einem Goetheschen Worte sonnenhaft nennen. Alle Lebensformen sind zum größeren Teil Sonne, Erde sind an ihnen nur die Stoffe, die beim Zerfall als Aschenhäuflein übrigbleiben. Alles aber, was sie zu Lebensformen macht, das ist Licht und Wärme, durch die sie in Bewegung gesetzt, in die mannigfaltigsten Formen gebracht werden. Diese Abhängigkeit ist nun keine so unmittelbare, daß die Sonnenstrahlen, wenn sie einen bestimmten Grad von Wärme und Licht entwickelt haben, damit eine genau entsprechende Summe von Lebensregungen auslösen; wirken sie doch auf aufgespeicherte Energie, und speichert doch das Leben immer neue Energie auf. Wie leicht sind im Verhältnis die Variationen der Wärme,

welche über die Erde hin und das Jahr entlang so mächtig die Erdoberfläche umgestalten; wie ruht alles noch so grau in den beiden ersten Aprilwochen mit 8—9° mittlerer Wärme, wie grün und rege ist es in den ersten Maiwochen geworden mit 12° Wärme!

Die Eigenwärme der Erde vernachlässigt man gewöhnlich bei der Betrachtung der Wärmequellen des Lebens, und doch gibt es Gebiete, in denen die vulkanische Wärme eine gar nicht verächtliche Rolle spielt. Seine verhältnismäßig milde Mitteltemperatur verdankt Island nicht nur der Sonne und den warmen Südströmen der Luft und des Wassers, sondern zu einem geringen Teile auch der von innen heraus wirkenden vulkanischen Wärme. Besonders sind die Umgebungen warmer Quellen in Island durch eine Vegetation ausgezeichnet, die einen weitaus südlicheren Charakter trägt, als es der Polhöhe entspricht.

Auf das Leben wirkt die Wärme in jenen beiden Formen, die wir oben kennen gelernt haben, der diffusen und der strahlenden. Die diffuse Wärme ist die Wärme der Luft, des Wassers, des Bodens, des Lebens im Schatten, in Höhlen, in Meerestiefen und Seen unter der verhältnismäßig dünnen Oberflächenschicht, welche die Sonne durchstrahlt (vgl. darüber oben, S. 222 u. 419 u. f.). Es ist ferner die Wärme der Nacht, der bewölkten Tage, der sonnenlosen Jahreszeiten der Polargebiete. Trotz der mächtigen elementaren Wirkungen der Wärme auf das Leben ist es doch nicht leicht, sie rein zu erfassen. Mit den Wärmestrahlen bringen Lichtstrahlen und chemische Strahlen in das Protoplasma ein, und in der Wärme des Bodens und des Wassers kommen chemische und physikalische Eigenschaften mit ins Spiel. Treten die schönen Geiselalgen (Peridineen) im Guineastrom plötzlich so massenhaft auf, weil er wärmer oder weil er salzärmer ist als der daneben hinziehende Äquatorialstrom? Einzelne reagieren schon auf Temperaturunterschiede von einigen Graden, andere ertragen die höchsten und tiefsten Temperaturen, die in der Luft oder am Boden vorkommen. Kleinste Lebewesen halten hohe Temperaturen aus, die über den Siedepunkt des Wassers hinausgehen; es scheint, daß diese Widerstandskraft häufig mit der Fähigkeit der Austrocknung verbunden ist. Dauersporen der Spaltpilze sterben erst bei längerer Einwirkung von Temperaturen bis 130°, und vollkommen trockene Samen können vorübergehend ohne Gefahr für ihre Keimkraft einer Hitze von 120° ausgesetzt werden. In den Geisirquellen des Yellowstonegebietes sieht man bei 60° die Algen in schönster Entwickelung; sie sind im Platton Creek in Kalifornien angeblich bei 93° beobachtet worden.

Bei den meisten höheren Pflanzen tritt der Tod als Kältestarre einige Grade unter dem Gefrierpunkt, bei tropischen auch bei 2—5° ein. Niedere Pflanzen ertragen nicht nur viel tiefere Temperaturen, sondern erleben eine auffallende Steigerung ihrer Lebensthätigkeit, wenn die Temperatur bis gegen den Gefrierpunkt sinkt; so die Massenalgen der kalten Meere. Algen, die sonst im Wasser leben, außerdem Moose im Vorkeimstadium vermögen auf Schnee und Eis zu vegetieren. Die eigentliche Ursache des Erfrierens der Pflanzen liegt in der Wasserentziehung durch Gefrieren, da das Protoplasma zu mehr als 9/10 aus flüssigem Wasser besteht. Daß ein reicher Pflanzenwuchs in den kältesten Teilen der Erde, bei Minima von —62° und mittleren Januartemperaturen von —49°, gefunden wird, beweist, daß geschützte, in den Winterschlaf verfallene Pflanzen, darunter auch Bäume und Sträucher von beträchtlicher Größe, selbst diese niedrigsten klimatischen Temperaturen ertragen. Es muß Protoplasma von solcher Zusammensetzung oder solchen Beimengungen geben, daß es tiefe Kältegrade ohne jeglichen äußeren Schutz erträgt. Die Zellwände der Schneealge Sphaerella nivalis sind dünn, nicht dicker als bei Formen wärmerer Zonen, und arktische Pflanzen ohne sichtliche Schutzmittel, wie Cochlearia fenestrata, halten Temperaturen unter dem Gefrierpunkt des Quecksilbers aus. Selbst die

lebensärmsten Länder der Antarktis verdanken diese Eigenschaft nicht ihren niedersten Temperaturen, die hinter den sibirischen zurückbleiben, sondern dem Umstand, daß die mittlere Temperatur um den Gefrierpunkt schwankt, ohne von höheren Wärmegraden abgelöst zu werden. Das kalte Klima ist immer auch trocken und vermag das für die Pflanzen notwendige flüssige Wasser nur in geringen Mengen und großen Zwischenräumen zu liefern; je weniger Wasser ein Pflanzenteil enthält, um so besser ist er daher gegen das Gefrieren geschützt. Ältere Pflanzenteile sind besser geschützt, weil trockener, verholzte besser als krautartige; viele Moose und Flechten sind durch die Trockenheit ihrer Gewebe zur Ertragung der Kälte geeignet. Wasserarm sind auch die schlechten Wärmeleiter, die als Rinde, Haare, Schuppen, dürre Blätter die wasserreicheren Pflanzenorgane umgeben.

Die Temperaturen der Lebensvorgänge.

Was wir Keimung, Wachstum, Ernährung, Fortpflanzung, Tod nennen, sind alles verwickelte Erscheinungen, deren Teilvorgänge und Abschnitte oder Stufen an bestimmte Temperaturen gebunden sind. Das Ergrünen und Blühen des Waldes und der Wiese zeigt uns, daß diese Temperaturen für Arten und selbst Rassen verschieden sind, und daß selbst viele Individuen, die äußerlich nicht zu unterscheiden sind, sich verschieden verhalten in der Fähigkeit, Lebensprozesse unter bestimmten Temperaturen durchzuführen. Jede Lebenserscheinung tritt mit einer bestimmten Temperatur ein, die man den unteren Grenzwert oder die Schwellentemperatur nennt, wächst dann mit steigender Temperatur an Lebhaftigkeit bis zu einem Höhepunkt, jenseits dessen eine Abnahme bei steigender oder sinkender Temperatur stattfindet. Der Same einer Pflanze, deren unterer Grenzwert 8° beträgt, wird unter sonst günstigen Umständen nicht keimen, ehe diese „Schwelle" erreicht ist, d. h. die Temperatur bis 8° und darüber zu steigen angefangen hat. Während viele Alpenpflanzen schon bei 2° keimen, beginnt bei den tropischen Gewächsen die Keimung wohl nie unter 10°. Unsere Getreidearten keimen bei 4°. Niedere Algen, die im Wasser oder im Schnee leben, zeigen aber auch bei —1 und —2° Keimungserscheinungen. Im allgemeinen mögen 20—25° die günstigsten Temperaturen für das Leben der Mehrzahl von unseren Gewächsen sein; die subtropische Vegetation der Küsten des Roten Meeres erträgt dagegen die Lufttemperaturen von 54—56°, die dort vorkommen und überhaupt zu den höchsten gehören, ganz vortrefflich; allerdings nur, indem viele Pflanzen Schutzvorrichtungen gegen das Übermaß der Wärme entwickeln. Wie das Keimen, so haben auch viele andere Lebensvorgänge ihre Wärmeschwelle, z. B. das Öffnen der Knospen, das Blühen, das Stäuben der Antheren, das Reifen, das Gelbwerden der Blätter. Da diese Vorgänge nun durchaus nicht dieselben sind, so gibt es auch keinen einfachen und zugleich erschöpfenden Ausdruck für die klimatische Abhängigkeit des ganzen Lebensprozesses. So sind 11° Durchschnittswärme des Septembers nur eine künstliche Begrenzung für den Apfelbaum; man muß die Temperaturen kennen, aus denen dieser Durchschnitt gebildet ist. Die klimatischen Bedingungen des Apfelbaumes und des Obstbaues ohne Gartenschutz überhaupt faßt jedenfalls am richtigsten Drude zusammen in die Beschränkung der Frostmonate auf fünf, die Dauer der warmen Jahreszeit (über 10°) auf vier Monate, wozu endlich Wochen von mindestens 15° Mittelwärme in der warmen Jahreszeit kommen.

Es gibt im Wachstum vieler Pflanzen Momente, wo die Zufuhr von Wärme hemmend, die Herabsetzung der Temperatur dagegen fördernd wirkt. Nicht bloß Seetange entwickeln ihre Fortpflanzungsorgane erst bei abnehmender Temperatur, auch für Blütenpflanzen liegt vielfach

die Temperatur ihrer Blütenentwickelung niedriger als die ihres Stengel- und Blattwachstums. Pflanzen kühler Klimate bleiben überhaupt in vielen Fällen blütenlos bei der Übertragung in ein wärmeres. Aus diesem Einfluß der Wärme auf alle Lebenserscheinungen ergibt sich die Wichtigkeit der Wärmesummen, die in einem bestimmten Zeitraum auflaufen. Für das Pflanzenleben nimmt man dabei nur die Temperaturen über 6° an, da die darunter liegenden für die Lebensthätigkeit des Protoplasmas weniger in Betracht kommen, und summiert den Durchschnitt der Tagestemperaturen, die von da bis zum Abschluß der Reife auflaufen. So hat man für die Vegetation der tropischen Zone Temperatursummen von mehr als 14,500°, für die der nördlichen gemäßigten Temperatursummen von weniger als 5500° berechnet. Vom Erwachen aus dem Winterschlaf an gerechnet, braucht die Haselnuß 71°, um ihre Blüten zu öffnen, der Kirschbaum 291°, die kleinblätterige Linde 1022°. Werden diese Beträge nicht erreicht, dann kann die Pflanze vielleicht vegetieren, aber sich nicht fortpflanzen; so öffnet also die Wärme bestimmten Lebensformen ein Gebiet und verschließt es anderen: vom Äquator ausgehend, sehen wir keine baumartigen Palmen jenseit des 36., keinen Kaktus jenseit des 40. Breitengrades, keine Baumfarne, keine Cykadeen, keinen Kaffee- und keinen Kakaobaum jenseit des Wendekreises. Für die Tiere sind die Grenzen nicht gleich scharf gezogen wie für die ungleich weniger beweglichen Pflanzen, aber nur einige wenige Affen, Papageien, Kolibris gehen polwärts über den 30. Breitengrad hinaus. Insekten, deren Larven in der Erde leben, sind abhängiger von der Wärmeverteilung als die frei beweglichen; Schlangen, Eidechsen, Schildkröten sind aus kälteren Ländern ausgeschlossen, während sie ihre üppigste Entfaltung in den warmen finden; die Krokodile sind tropisch und subtropisch, die Armut der kalten Länder an Insekten mit längerem Entwickelungsprozeß, besonders an Schmetterlingen und Käfern, ist im Gegensatz zur Überfülle der Tropen einer der auffallendsten Züge in dem Bilde der Lebensverbreitung. Was aber die festgewachsenen Tiere anbetrifft, so genügt es, an die riffbauenden Korallen zu erinnern, die heute nirgends weit über die Wendekreise hinausreichen.

Diese allgemeinen Summen gewinnen ihre Beziehung zum Leben erst durch die Art ihrer Zuteilung an die einzelnen Vorgänge des mit der Sonne steigenden und sinkenden Lebens eines Jahres, die sich in der Dauer der Wärmeperioden und ihrer Unterbrechungen ausspricht. Die Dauer des Sommers, des Winters, der Regenzeit, der Trockenzeit, die Dauer der zwischen beiden stehenden Übergangsjahreszeiten, das sind die großen Thatsachen in der Geschichte der Lebenshülle jedes Landes. In der Tiefsee und im Hochgebirge fällt der Wechsel warmer und kalter Jahreszeiten weg, hier wird dann die einförmige Herrschaft einer bestimmten niederen Temperatur entscheidend. Von den Zahlengrößen, welche die Klimatologie benutzt, um die Wärmeverhältnisse auszudrücken, sind daher für die Lebensverbreitung die mittleren Jahreszeitentemperaturen am wichtigsten, nach ihnen kommen die Monatstemperaturen. Jahrestemperaturen bedeuten für diesen Zweck nicht viel: Görz am Südfuß der Alpen und Njigata im japanischen Monsunklima haben 12,5° mittlere Jahreswärme; Urga im mongolischen Steppenklima und Jenisseisk im sibirischen Waldklima haben beide etwas über —2°; Kosseir am Rande der ägyptischen Wüste und Kamerun am Saume des westafrikanischen Urwaldes haben beide Temperaturen um 24—25°. Es gibt auch Tiere, die an eine bestimmte Temperatur so gebunden sind, daß sie Schwankungen über und unter diese Temperatur nicht ertragen, und andere, die eine große Fähigkeit der Ertragung der verschiedensten Temperaturen haben. Der Unterschied greift tief in die Organisation der Tiere ein, denn die warmblütigen Landbewohner sind zur Ertragung großer Wärmeschwankungen besser geeignet als die kaltblütigen

Wasserbewohner, und es liegt auf der Hand, daß jene auch größere Schwankungen zu ertragen haben als diese. Immerhin gibt es schon unter den höheren Säugetieren eine ganze Anzahl, die nur in der „Orchideenhausluft“ der unmittelbaren Umgebungen des Äquators zu leben vermögen. Selbst die Neger bürgern sich nicht auf die Dauer in den kälteren Teilen von Nordamerika ein, so wenig wie die blonden Europäer am Amazonas oder auf Java. Einzelne Temperaturerniedrigungen oder -erhöhungen greifen störend in das Leben ein, besonders wenn sie mit bestimmten Vorgängen zusammentreffen: der Frost, der die Blüte befällt, die Hitze, welche die jungen Blätter austrocknet. Jede Erkältung bedeutet wohl ein solches, mit einer „Disposition“ des Organismus zusammentreffendes Eingreifen einer plötzlichen Wärmeschwankung. Man darf nur nicht glauben, was ja naheliegt, der Gefrierpunkt bezeichne gerade eine besonders scharfe Lebensgrenze dieser Art; Fische und Frösche können einfrieren und wieder auftauen, und die Palmengrenze reicht mehr als 20 Breitengrade polwärts über jene Orte der Sahara hinaus, wo in Winternächten Eisbildung beobachtet wird.

Die Akklimatisation.

Nicht alle Lebewesen sind den Einflüssen des Klimas in gleichem Maße zugänglich oder unterworfen. Die Riffkorallen gedeihen nur in Meeren, deren Oberflächentemperatur nicht unter 20° sinkt, wogegen Seesäugetiere vom Pol bis zum Äquator wohnen können. Der Mais hat sich in Europa den verschiedensten Klimaten angepaßt, die aus demselben Lande gekommene Robinie hat ihren Lebensgang streng beibehalten. Die Akklimatisation setzt irgend einen Grad von Unempfindlichkeit der das Leben tragenden Stoffe gegen klimatische Einflüsse voraus. Entweder liegt sie in ihrem Inneren, wie bei manchen fast nackt zu nennenden Algen, die ohne sichtlichen Schutz Kälte und Wärme ertragen, oder die Geschöpfe sind durch schlechter leitende Hüllen geschützt, wie die aus wärmerem Klima stammenden Tiger, die in ihren nordasiatischen Wohnsitzen ein dichteres Fell bekommen. Fremde Pflanzen zeigen in einem bestimmten Klima nach kurzer Frist dieselbe Abhängigkeit der Lebensprozesse vom Wärmegang wie einheimische. Südhemisphärische Pflanzen blühen in unserem Sommer, während doch von Natur im Südsommer ihre Blütezeit war, der Pfirsich, der bei uns Anfang April aufblüht, blüht in Australien im August, in Java das ganze Jahr. Einjährige Pflanzen akklimatisieren sich natürlich leichter als ausdauernde, da ihr Lebensgang kürzer, daher weniger störenden oder zerstörenden Einflüssen des fremden Klimas ausgesetzt ist. Die Akklimatisation ist hier oft in der dritten bis sechsten Generation vollendet. Daher sind unsere Kulturpflanzen in der Mehrzahl einjährig. Bäume akklimatisieren sich leichter bei der Versetzung in ein wenig wärmeres als in ein wenig kälteres Klima, aber sie wachsen im ersteren Falle rascher, verzweigen sich früher, erzeugen leichteres Holz und sterben früher ab.

Wenn man sieht, daß die Dattelpalme in Sizilien bei 18° Jahreswärme ihre Früchte nicht mehr reift, wohl aber bei 21° in Kairo, im übrigen dort aber herrlich gedeiht, so möchte man sagen: der ganze Baum hat sich akklimatisiert, nur nicht seine Fortpflanzungsorgane. Wir beobachten ja dasselbe auch umgekehrt: einige von unseren gewöhnlichen Gartenpflanzen und Unkräutern wachsen fröhlich in den Tropen, blühen aber nicht. Auch bei der Versetzung aus einem wärmeren in ein nur etwas kühleres Klima bringen Bäume, die im übrigen gedeihen, entweder keine Früchte oder reifen sie nicht. Dabei ist allerdings zu erwägen, daß es sich bei unseren Akklimatisationsversuchen immer um vereinzelte Experimente handelt, die sich in kurzer Zeit abspielen. Wie biegsam sind Kulturpflanzen und Haustiere in jahrtausendlanger

Gewöhnung an veränderte Lebensbedingungen geworden! Und die Natur läßt ihre klimatischen Änderungen noch viel allmählicher in noch viel längeren Zeiträumen eintreten.

Man hüte sich, bei solcher Biegsamkeit der Organismen der klimatischen Bedingtheit einen allzu großen Wert, eine vielleicht unbeschränkte Dauer beizulegen. Die Entdeckung silurischer Riffkorallen nördlich vom 70. Grad nördl. Breite wird uns noch nicht zu dem Schlusse berechtigen, daß in der Silurzeit nördlich vom 70. Grad die Tropenwärme herrschte, in der allein wir heute die Riffbauer an der Arbeit sehen. Denn solange wir nicht nachweisen können, daß nur bei Temperaturen von 20° und darüber Korallentiere Kalk in riffbauender Menge abscheiden, ist die Annahme möglich, daß silurische Riffkorallen es bei niedrigeren Temperaturen thaten. Entwickeln doch die Diatomeen ihre Kieselpanzer, deren Reste in Massen den Boden der Eismeere bedecken, bei Temperaturen, die wenig über 0° liegen. Man ist leicht geneigt, aus der Beschränkung der größten Landsäugetiere der Gegenwart auf warme Länder zu schließen, daß es immer so gewesen sei; aber das Mammut und das Nashorn lebten einst im rauhen Nordsibirien und trugen auf ihrer dicken Haut ein dichtes Haarkleid. Eine Reihe von Bäumen, die Europa in der tropischen und subtropischen Tertiärzeit bewohnten, haben sich bei der Abkühlung unseres Klimas nicht südwärts in die Tropenländer der Alten Welt zurückgezogen, sondern leben heute in Nordamerika, wo sie selbst oder Verwandte bis ins kalte Winterland hineinreichen. Oswald Heer mochte aus einer ganzen Flora miocäner Pflanzen, wie die Sandbrüche von Öningen (im südlichen Baden) sie geliefert haben, den Schluß ziehen, daß dort ein Klima von etwa 18° Mittelwärme geherrscht habe, wie wir es heute erst 12° weiter äquatorwärts finden; aus einzelnen Pflanzen- oder Tierfunden solchen Schluß zu ziehen, würde niemals erlaubt sein.

Der Wärmeschutz.

Die dem Leben nötige Wärme in gleichmäßiger Abtönung zu erhalten, haben sich erst in den höchsten Klassen der Wirbeltiere (Vögel und Säugetiere) Vorrichtungen entwickelt, die im Körper selbst Wärmequellen ununterbrochen fließend erhalten. Erst damit ist der höchste Grad von Anpassung des Menschen an jedes Klima möglich geworden. Die Eigenwärme der Tiere schwankt bei den warmblütigen in engen Grenzen; sie beträgt 36—38° beim Menschen, steigt bis 43° bei Vögeln. Bei Kaltblütigen ist sie immer etwas höher als die Temperatur der Umgebung. Von Eigenwärme in anderem Sinne kann man auch beim Bienenstock sprechen, in dem oft eine beträchtlich größere Wärme als außen herrscht. Daß es auch noch andere innere Anpassungen zu demselben Zwecke gibt, lehrt uns besonders die Fähigkeit vieler äußerlich ungeschützter Pflanzen und Tiere, hohe und niedere Temperaturen ohne Schaden zu ertragen, die wir oben, S. 508, kennen gelernt haben.

Haar- und Federkleid der warmblütigen Tiere verdicken sich im kalten Klima, um mehr Schutz zu gewähren. Die kältesten Länder der Erde beherbergen die Tiere mit den schönsten und wärmsten Pelzen; viele Tiere legen im Herbst das leichtere Sommergefieder, den dünneren Sommerpelz ab, um das dichtere Winterkleid dafür einzutauschen. Die Polartiere haben unter ihrem im Winter sich verdichtenden Haarkleid auch noch die Fettschicht, die zugleich ein Nahrungsvorrat ist. Moschusochsen und Renntiere drängen sich zusammen und erzeugen dadurch Wärme und eine Nebelwolke, die sie einigermaßen gegen Abkühlung durch Ausstrahlung schützt: „Die Herde dampft." Um Wärme zu gewinnen, zieht sich weiter das Leben auf den engsten Raum zusammen, es wirft überflüssige Zuthaten ab, verringert und verdichtet sich auf das Allernotwendigste. Was uns die Tracht der hyperboreischen Völker und ihre Zusammendrängung

in enge, höhlenartige Wohnungen zeigt, finden wir auch bei den Tieren und Pflanzen der Polarländer und Hochgebirge. Die Säugetiere und Vögel der Polargebiete sind die schmucklosesten und farblosesten, ihre Formen sind zusammengedrängt und zusammengefaßt; hier begegnet man keinem Pfauenschweif, keiner Löwenmähne.

Dem Boden angeschmiegte Stämme und Zweige von Alpenweiden (Salix serpyllifolia), Tirol.
Nach der Natur.

Jedenfalls ist die unmittelbare Erwärmung des Bodens eine der wichtigsten Thatsachen im Leben der kalten Länder und der Hochgebirge; sie zu genießen und womöglich festzuhalten, ist das deutliche Streben vor allem der Pflanzenwelt. Die Pflanzen suchen durch ihre weitreichenden Wurzeln sich diese Wärme zu sichern und legen sich mit ihren Blättern so nahe wie möglich in rasenartig dichtem Wuchs an den Boden an (s. die obenstehende Abbildung). Zu demselben Zweck beschränken die polaren Pflanzen ihre Wohnstellen auf sonnige Plätze mit Boden von großer Fähigkeit der Wärmeaufnahme; man findet Pflanzen, die anderwärts

Sumpfpflanzen sind, wie Ledum palustre, am Nordrand Asiens auf sonnigen, trockenen Hängen. Bei den spitzbergischen Moosen beobachtet man kürzere und reichlicher verzweigte Stengel, daher im ganzen einen dichtrasigen Wuchs, kürzere, breitere, stumpfere, dem Stengel mehr angedrückte Blätter. Auch bei heidekrautähnlichen Pflanzen ist die Breite und Kürze der Blätter auffallend; die nordische Alpenrose (Rhododendron lapponicum) hat nur Blätter wie die Myrte, dabei sind aber ihre Blätter dicht zusammen- und an den Stengel gedrängt. Die Anschmiegung an den Boden wird durch Krümmung der emporstrebenden Stämmchen und Äste erreicht, wie

Nordsibirische Flechtentundra. Nach A. v. Kerner.

beim Krummholz und ähnlichen dem Boden angedrückten Pflanzen, aber noch allgemeiner durch ein zwerghaftes Wachstum, das für viele arktische und Hochgebirgspflanzen sich nicht über einige Zentimenter über dem Boden erhebt. Daher die weite Verbreitung der niedrigsten Vegetationsformen: Wiese, Matte und Tundra (s. die obenstehende Abbildung) im hohen Norden und im Hochgebirge. Da der gefrorene Boden selbst im Hochsommer nur bis zu geringer Tiefe auftaut, breiten auch die unterirdischen Organe sich seitlich aus, statt in die Tiefe zu dringen. Auf Nowaja Semlja kriechen die Wurzeln 4 m weit dicht unter der Oberfläche, über die ihre Stämmchen sich noch nicht $^1/_4$ m hoch erheben. Daher die holzigen, dichten, verfilzten Geflechte, die das bilden, was man arktischen Torf nennt.

Die Beschleunigung des Lebensprozesses ist eine besonders wirksame Form des Wärmeschutzes. Es kommt im kalten Klima immer darauf an, Zeit zu gewinnen. Da sorgen zunächst Winterknospen aus der vorigen Vegetationsperiode für rasches Aufblühen im kurzen

Sommer, dessen baldiger und allgemeiner Eintritt nach der Schneeschmelze dem Polarsommer eine so merkwürdige Ähnlichkeit mit unserem Frühling verleiht. Auftauen und Wasserzufluß zur Erzielung der Zellspannung genügen, um in wenigen Tagen gesteigerter Wärme die Blüten hervortreten zu lassen. Aber nur ein kleiner Teil dieser Flora findet trotzdem die Zeit, die Vegetation ganz zu vollenden. Wenn bei uns im Herbst die Pflanzenwelt im ganzen den Eindruck der Reife, der Vollendung, des Abschlusses gewährt, so macht die arktische Flora am Ende des Sommers den Eindruck einer noch in vollem Zuge befindlichen Entwickelung, welche durch die ersten Spätsommerfröste grausam abgeschnitten wird.

Viele Blumen können kaum das Wegtauen des Schnees erwarten, um aufzublühen. Schneeglöckchen und weißer Krokus blühen hart am Rande des Schnees, der sich eben erst anschickt zurückzugehen. Die Soldanella, das zierliche Glockenblümchen mit dem gefransten Glöckchen, blüht nicht bloß auf, wo der Schnee eben weggeschmolzen ist, sondern seine veilchenblauen Blütenknospen durchbohren thatsächlich die dünne Schneedecke, und gerade ihr Erscheinen mitten im Schnee gehört zu den schönsten Bildern des Pflanzenlebens im Hochgebirge. Die Soldanella zeigt, im Laufe des Sommers bergaufwärts wandernd, die Bewegung eines lokalklimatischen Gürtels an, der an den schmelzenden Schnee gebunden ist; denn überall, wo Schnee schmilzt, blüht sie auf, im Mai in 1000, im August zuletzt in 2000 m Höhe.

Der Einfluß der Feuchtigkeit auf das Leben.

Jenseits der lappländischen Waldgrenze wachsen die Fichten als niederliegende Sträucher; an dieser Verzwergung sind die austrocknenden Winterstürme mehr schuld als die Winterkälte, denn jene entziehen den jungen Zweigen Wasser, zu dessen Ersatz in dem gefrorenen Erdreich gar keine Möglichkeit besteht. Daher die Begünstigung der letzten Reste von Wald an der Waldgrenze durch jede Bodenschwelle, welche die Richtung der vorwaltenden Winde schneidet. Kjellman sucht auch die günstige Wirkung des Schnees nicht allein im Wärmeschutz, sondern auch im Schutz gegen Verdunstung. In unseren Gebirgen sehen wir den Fichtenwald in anderer Weise von der Feuchtigkeit beeinflußt; besonders in den Alpen ist er an trockenen, quellenarmen Hängen herabgedrückt. In manchen Einrichtungen finden wir die Feuchtigkeit wirksam, wo wir zuerst nur die Wärme zu sehen glaubten. Darum sind die Vergleiche der Lebensvorgänge in verschiedenen Ländern, z. B. des ersten Aufblühens einer weitverbreiteten Pflanze, nicht ausschließlich auf Wärme zu beziehen, wie so oft geschieht, und die Waldgrenzen und andere Verbreitungsgrenzen des Lebens nicht bloß mit Isothermen zu vergleichen.

Nichts beeinflußt zunächst den äußeren Bau der Pflanzen und vieler Tiere so tief wie die Feuchtigkeit, und auch die Formen ihrer Verbreitung hängen am deutlichsten ab von der Verteilung der Feuchtigkeit. Die Tier- und Pflanzenwelt jedes Landes spricht zuerst ihre Abhängigkeit von der Feuchtigkeit aus; ja in der Physiognomie jeder Landschaft ist dies der deutlichste Zug. Während Wärme und Licht so verbreitet sind, daß sie fast überall auf der Erde zur Erhaltung irgend eines Grades von Leben hinreichen, gibt es große Gruppen von Tieren, die überhaupt nur im Feuchten zu leben vermögen. Wer würde glauben, daß zu den von der Luftfeuchtigkeit abhängigen Tieren der Floh gehört, der am Wüstenrand Nordafrikas den schmutzigsten Träger verläßt? Und aus weiten Gebieten sind die meisten Pflanzen und ganze Vegetationsformen, wie Wälder, Wiesen, Moore, Tundren, ausgeschlossen, weil sie nicht genug Feuchtigkeit finden.

Im einzelnen Organismus wird in der Trockenheit Herabsetzung der Verdunstung mit allen Mitteln angestrebt: Verkleinerung der ganzen Oberfläche, vor allem der Blätter und

der weicheren Zweige, Verdickung, Verhärtung, Verholzung, Stachel-, Schuppen-, Haarbedeckung, Wasseraufspeicherung. Wo weiche Organe unentbehrlich sind, werden sie durch Einhüllung geschützt. So liegt bei den Gräsern nicht nur in der Verkieselung der Blätter, sondern auch in der Einrollung und in der Verhüllung der Halme durch Blattscheiden ein Schutz gegen Verdunstung. Die Blätter werden lederartig oder fleischig oder verschmälern sich rutenartig, wie bei den Ginstern, verkürzen sich bis zum kugelförmigen, wie bei den Kakteen, oder falten sich in der Sonne zusammen, wie die Fiederblättchen jener eigentlichen Steppenbäume, der Mimosen. Wuchernd entwickelt sich dabei die Stachelwehr, sicherlich weit über das Bedürfnis etwa des Schutzes gegen Laub und Knospen abweidende Tiere hinaus. Innerasien zeigt nicht bloß stachelige Bäume und Sträucher, sondern auch Stachelrasen; Boissiers „Flora orientalis“ gibt etwa 1000 Stachelpflanzen, wovon die Hälfte auf Iran fällt. Vielleicht zeigt aber keine Flora deutlicher die austrocknenden, beschränkenden, den Lebensprozeß verlangsamenden Wirkungen des Steppenklimas als die australische, für die der Schutz gegen Trockenheit in Blattarmut, Blattstellung und Stachelreichtum gleich bezeichnend ist. Man hat auch eine Schutzwirkung der ätherischen Öle angenommen, die mit ihren Düften die Pflanzen gleichsam einhüllen und gegen Austrocknung schützen sollen; aber es liegt ebenso nahe, darin eine Folge der Trockenheit als ein Schutzmittel dagegen zu sehen.

Die Mittel zur Aufspeicherung des Wassers fallen zum Teil mit denen zusammen, die auf die Verringerung der Verdunstung hinzielen. Die Verdickung und die Einhüllung der Blätter in wasserdichte Gewebe dienen bei Kakteen (s. die Abbildung, S. 517), Euphorbien und sogenannten Fettpflanzen beiden Zwecken. Dann gibt es aber viele Pflanzen, die eigentliche Wasserbehälter anlegen, lebende Zellen, Zellräume, Zwischenzellräume werden mit Wasser gefüllt. Durch Wasseraufspeicherung wirkt das Moospolster als schwammartige, Feuchtigkeit festhaltende, gegen Verdunstung schützende Decke. Auch bei höheren Pflanzen werden ältere Blätter oder Stengel, die sich dann erweitern, mit der Funktion der Wasserbereithaltung für die in voller Assimilationsthätigkeit stehenden jüngeren belastet. Tiefe Wurzeln sind nötig, um das Wasser zu erreichen, weithin kriechende, um es aus einem weiten Bereich zusammenzusaugen. Daher die wuchernde Entwickelung der Wurzeln bei allen Sandpflanzen, besonders aber bei den Wüstenpflanzen. Viel umfangreicher ist beim Saxaul (Anabais ammodendron) die unterirdische Vegetation der „knochenharten“, außerordentlich langen Wurzelausläufer als die oberirdische.

Kein Tier kann vollständiges Austrocknen ertragen. Das Sicheinhüllen des afrikanischen Protopterus in einen Schlammklumpen und die Eindeckelung der Schnecken sind verschiedene Mittel zu dem Zweck, sich ein hinreichendes Maß von Feuchtigkeit zu erhalten. Wenn wir bei uns die Weinbergsschnecke sich im Winter mit einem Deckel verschließen sehen, gerade wie schon in den Mittelmeerländern viele andere Schnecken sich über die Trockenzeit verschließen, sehen wir dasselbe Zusammenfallen des Schutzes gegen Kälte mit dem Schutz gegen Trockenheit wie bei den Pflanzen. Die Wüstenschnecken führen nur in der kühlen Nacht oder in der Dämmerungszeit ein bewegliches Leben und verstecken sich in eine schützende Spalte, solange die austrocknende Sonne scheint. Wo die Trockenzeit stark ausgesprochen ist, wird sie, gerade wie bei uns der Winter, nicht bloß die Ruhezeit, sondern auch die Zeit des Absterbens.

Die Wirkungen einer zu feuchten Luft sind ähnlich den Wirkungen einer zu geringen Belichtung. Die Pflanzen werden in beiden Fällen, die in der Regel zusammen auftreten, länger, ihre Glieder gestreckter, dünner, bleicher, die Blattflächen kleiner und dünner,

durchsichtiger. Umgekehrt gehen Lichtreichtum und geringe Feuchtigkeit in der Natur zusammen, und ihre Wirkungen sind schwer auseinanderzuhalten. Ohne weiteres verständlich sind jene Vorkehrungen zur Abwehr des Wasserüberflusses, welche die atmende, Feuchtigkeit aushauchende Fläche vergrößern: die Größenzunahme der Pflanzen überhaupt und besonders ihrer Blätter, die Vervielfältigung der Blätter, wie sie sich in der reichen, grünen Vegetation, vor allem der Tropen, ausspricht. Noll hat nachgewiesen, daß die transpirierende Oberfläche einer großblätterigen Aristolochia 6000mal größer ist als eines kugeligen Echinocactus von gleichem

Kaktusvegetation in Südkalifornien. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 516.

Gewicht. Um Regenüberfluß abzuleiten, haben Blätter lange Träufelspitzen; zum Entfernen des anspritzenden Wassers zeigen Pflanzen an Bachrändern eine samtene Oberfläche, auf der die Wassertropfen als rasch verdampfende Kugeln abrollen, vor allem aber sind viele Pflanzen feuchtester Standorte mit Vorrichtungen zur Ausscheidung überflüssigen Wassers versehen, mit Haaren und Spalten, die man mit Schweißdrüsen vergleichen kann; der von Bäumen fallende Regen in den Tropen, der nicht immer reichlicher Tau ist, führt vielfach auf solche Ausscheidung zurück.

Die Verteilung der Niederschläge bestimmt die Verbreitung gewisser Vegetationsformen, vor allem des Waldes und der Grasflur. Nur Pflanzen mit tiefreichenden Wurzeln können von Niederschlägen Nutzen ziehen, die vor Monaten gefallen sind, flachwurzelige Pflanzen sind auf häufige, wenn auch weniger starke Niederschläge angewiesen. Baumwuchs kann also in Ländern mit sehr trockenen Jahreszeiten gedeihen, wo Graswuchs verdorrt. Auch die

Weinrebe schöpft in tiefen Grundwasserschichten, weshalb man sogar im Dünensand des Languedoc die Rebenpflanzungen erneuern konnte, die man in höheren Lagen vor den Angriffen der Phylloxera hatte aufgeben müssen. Einzelne Bäume und Baumgruppen kommen in den Savannen von Afrika, in den Prärien von Nordamerika, in den Llanos von Südamerika vor, grünend und blühend, wenn die niedere Lebewelt ringsumher vertrocknet ist. Je ausgebreiteter die Grundwasserflächen sind, um so waldartiger wird der Baumwuchs. Man spricht dann von Wasserwald im Gegensatz zu Regenwald. Aber dieser Name ist zu allgemein. Gibt es einen Wald ohne Wasser? Man müßte Grundwasserwald sagen. Die Wichtigkeit des Wasservorrats für den Baumwuchs erklärt auch, warum die Schneedecke letzterem so günstig ist, warum so enge Beziehungen zwischen Wald und Schneedecke bestehen (vgl. oben, S. 343). Umgekehrt kommt für flachwurzelnde Pflanzen die Feuchtigkeit des Untergrundes nicht in Betracht, wenn der Boden nicht sehr kapillarisch ist. Daher das beständige Grünen der Grasfluren in Ländern mit mäßigen, aber häufigen Niederschlägen; schon die regenarmen Sommer der Mittelmeerländer werden ihnen gefährlich, wo nicht, wie im Po-Tiefland, künstliche Bewässerung für dauernde Feuchthaltung sorgt. Beim Nachlassen solcher Bewässerung und beim Mangel des den Boden festhaltenden Baumwuchses wird die Pflanzenerde verweht, und der Sand bleibt: die Wüste zieht ein.

Die Wasseraufnahme in den Organismus hängt nicht bloß von der Masse, sondern auch von der Beschaffenheit der Niederschläge ab. Ein feuchtes Land kann seinen Pflanzen gegenüber sozusagen physiologisch trocken sein, da sie das Wasser, das sie brauchen, aus ihm nicht erlangen können; gefrorenes Wasser ist für sie kein Wasser. Die Polarländer gehören zu den süßwasserreichsten Gebieten der Erde, aber da ihr Süßwasser fast nur im Zustand des Eises vorkommt, ist auch ihre Süßwasserfauna verschwindend klein. Mit Salzen beladenes Wasser ist ebenfalls für viele Tiere und für die meisten Pflanzen nicht brauchbar, weshalb wir auf Salzboden dieselben Pflanzen wie auf trockenem und kaltem Boden finden. Und wieder sind Pflanzen, die auf Felsen, auf Bäumen, auf Geröll, auf Sand wachsen, zeitweilig großer Trockenheit ausgesetzt. Darum finden wir auch an solchen Standorten ähnliche Pflanzen wie in trockenem oder kaltem Klima. Ein besonderer Fall ist der der Pflanzen, welche im Salzboden oder Salzwasser wachsen und großer Regenmengen bedürfen, damit das Salz sich nicht in ihren Säften konzentriert; dazu gehören die Mangroven. Lianen und Epiphyten sind regenbedürftig, die ersteren, weil sie Feuchtigkeit für ihr überwiegendes Achsenwachstum brauchen, die anderen, weil sie die Feuchtigkeit nicht aus der Erde ziehen.

Für die Physiognomik des Gewächsreiches ergeben sich aus dem Verhalten zur Feuchtigkeit große, die Vegetation der Erde beherrschende Unterschiede. Wir haben Pflanzen, die für ein großes Maß von Feuchtigkeit organisiert sind: Regenpflanzen; Pflanzen, die nur ein geringes Maß von Feuchtigkeit brauchen: Trockenpflanzen; und endlich Pflanzen, deren dauernde Organe wenig Feuchtigkeit brauchen, während ihre vorübergehenden für ein großes Maß von Feuchtigkeit eingerichtet sind: laubabwerfende; zu diesen letzteren gehören die nur sommerlich belaubten Bäume unseres Klimas. Da die Verteilung der atmosphärischen Niederschläge dieselben Einrichtungen der Lebewelt zu ihrer Aufnahme oder Fernhaltung über weite Gebiete hervorruft, finden wir die Regenpflanzen in allen feuchtwarmen, feuchten, gemäßigten Gebieten, die Trockenpflanzen in kontinentalen Steppen und Wüsten, in salz- und humussäurereichem Boden, in den Polarländern und Hochgebirgen, an dem Meeresstrand, auf Bäumen und Felsen, die laubabwerfenden dagegen in der kalten gemäßigten Zone und in Trockengebieten der warmen Zone.

Urwald in den Kordilleren von Salta, Nordwest-Argentinien.

Nach der Natur.

Dafür führt Schimper aus seinen javanischen Beobachtungen schöne Beispiele an; dort wachsen einige Rhododendren und Vaccinien im Hochgebirge jenseits der Baumgrenze, in Solfataren mit salzreichem Boden und auf Bäumen. Auch in Japan herrscht die gleiche Übereinstimmung zwischen den Pflanzen des Salzbodens der Solfataren und denen des Hochgebirges. Aber haben wir nicht näher liegende Beispiele in den zahlreichen hochalpinen Pflanzen, die auf die Torfmoore am Fuße der Alpen herabsteigen, wie, um nur zwei der auffallendsten zu nennen, Krummholz und die herrliche Primula auricula? Oder in dem Vorkommen der Heide und Kiefer im Sand und auf moorigem Heideboden?

Tages- und Jahreszeiten im Pflanzen- und Tierleben.

Unser Leben und das Leben der Tiere wird ein anderes mit dem Fallen des Laubes im Herbst und dem Ergrünen im Frühling. Das Arbeiten und Ruhen, Wandern und Heimkehren der Menschen, das Einschlafen vieler Säugetiere, Amphibien, Reptilien, Muscheln, Schnecken, das Absterben vieler niederen Tiere im Herbst, die unter Zurücklassung zahlreicher Keime dem Tode verfallen, gehören hierher. Diese Keime sind entweder an geschützten Orten abgelegt, wo sie vor der Kälte bewahrt sind, oder sie sind von schützenden Hüllen umgeben; so überwintern sie, und der Winter bereitet unmerklich den kommenden Frühling vor.

Wenn man nur diese Spiegelung der klimatischen Jahreszeit in den Lebenserscheinungen unserer Pflanzenwelt im Auge hat, kommt man etwa zu einer Jahreseinteilung, wie sie Ihne für unsere Zone vorgeschlagen hat. Im Vorfrühling blühen Holzgewächse auf, deren Blüten vor den Blättern kommen, im Erstfrühling belauben sich die Bäume, im Vollfrühling wird der Laubwald völlig grün, der Frühsommer beginnt mit der Getreideblüte, der Sommer mit der Reife des Beerenobstes, der Frühherbst setzt nach der Getreidereife ein, in ihm kommt die Reife der Früchte zum Abschluß, und im Herbst vollendet sich die Laubverfärbung.

Der Gegensatz der Jahreszeiten auf der nördlichen und südlichen Halbkugel bedeutet eine Verschiebung der Lebensintensität von einer nach der anderen, vom Nordsommer zum Südsommer, im Laufe des Jahres. Daneben geht auf jeder Halbkugel ein Unterschied der Jahreszeiten zwischen dem Äquator und den Polen her, der darin begründet ist, daß in höheren Breiten die Sommerwärme immer entscheidender wird, während umgekehrt nach dem Äquator zu die Wichtigkeit des winterlichen Sinkens der Temperatur an Bedeutung wächst. Neben den 12° oder 13°, die man im Juli Spitzbergens messen kann, bleibt die Tiefe der Winterkälte für das Leben ganz bedeutungslos. Die „Jahreszeit des Lebens“ verlängert sich zwar äquatorwärts, aber in unserem Teil der gemäßigten Zone nimmt sie doch nur die Hälfte des Jahres in Anspruch. Sobald wir die Wendekreise überschreiten, wird die Kälte der kühleren Jahreszeit immer wichtiger, wobei die Sommerwärme in der gemäßigten Zone höher sein kann als in den Tropen. Daher auch eine Ähnlichkeit der Wirkung der Jahreszeiten im ozeanischen und im tropischen Klima, die eben auf der Abgleichung der Jahreszeitenunterschiede beruht. Immergrüne Pflanzen gedeihen nicht nur im ozeanischen Klima Nordwesteuropas, sie entwickeln sich vielmehr ungewöhnlich kräftig, Kamelien werden zu kleinen Bäumen, ähnlich auch Myrten, Fuchsien, Geranien, wogegen unsere Obstbäume dort spät blühen und Kirsche, Mandel, Aprikose, Wein spät oder gar nicht reifen.

Wenn die Lebensbedingungen der Pflanzen es gestatten, daß der Lebensprozeß sich durch das ganze Jahr ohne sichtliche Lücken fortspinnt, bleiben die Blätter grün, und wir sprechen von immergrüner Vegetation. Die uns geläufigste Form solcher Vegetation bieten die Nadelhölzer; nur die Lärche wirft von den bei uns heimischen ihre Nadeln im Herbst ab. Preißelbeeren, Heidekräuter, Stechpalme überdauern grün den härtesten Winter; ihre Blätter sind in ähnlicher Weise geschützt wie die immergrünen Blätter von Sträuchern der Mittelmeerländer.

Ganz anders ist die immergrüne Vegetation der heißfeuchten Tropen, die keinen Schutz braucht, sondern sich schrankenlos in einem Klima entwickelt, das überhaupt fast keine Jahreszeiten kennt. Die Verbreitung der immergrünen Pflanzen zeigt also, wie die Natur freier ist, als viele

Sibirischer Urwald (Taiga). Nach Photographie. Vgl. Text, S. 521.

denken: sie ist nicht gebunden, den Zustand, den wir „immergrün" nennen, nur in einer Zone eintreten zu lassen. Wohl sind vor allen die Tropenländer immergrün, in den Bäumen bis tief in die Steppengebiete hinein, aber immergrüne Nadelhölzer gehören zu den äußersten polaren Vorposten des Baumwuchses überhaupt, und im Hochgebirge gehen über sie noch die immergrünen

Rhododendren und Vaccinien hinaus. Der sibirische Urwald (Taiga) ist wesentlich Nadelwald (s. die Abbildung, S. 520). In einem vorwaltend trockenen Klima mit Winterregen haben wir in den Mittelmeerländern Pflanzen, die immergrün sind zum Schutz gegen Verdunstung, und der Wald Patagoniens und Feuerlands ist immergrün, weil die beständige große Feuchtigkeit den Blättern eine größere Lebensdauer verleiht.

Der Wechsel der Belaubung ist der deutlichste Ausdruck des Jahreszeitenunterschiedes. Die meisten Bäume der kalten gemäßigten Zone werfen ihr Laub ab und stehen einen Teil des Jahres laublos, wobei das Hervortreten des inneren Aufbaues der Baumkronen die Landschaft mit neuen Bildern bereichert (s. die Abbildung, S. 522). Die Esche ist im nördlichen Deutschland nur 4 Monate belaubt, und die Buche, die bei uns wenig über 5 Monate belaubt ist, soll in Madeira 8 Monate ihre Blätter tragen. Bäume von dieser Natur kommen sehr oft gesellig vor, und die dadurch entstehenden laubabwerfenden Wälder gehören zu den am weitesten verbreiteten Vegetationsformen. Sie sind in den kalten und gemäßigten Zonen am häufigsten, kommen aber auch in den trockenen Ländern der warmen Zonen vor. So hat der Camposwald Brasiliens unter 20° südl. Breite seinen laublosen Zustand, dessen winterlichen Eindruck der heuartige Graswuchs verstärkt.

Kann man sich eine echtere Herbststimmung denken, als sie aus folgender Schilderung einer Südsommerlandschaft Ostafrikas 5° südlich vom Äquator spricht? „Im Juni sind am Tanganyika die meisten Bäume entfärbt und entlaubt, das hohe Gras vertrocknet und fahl. Die Regenzeit mit ihrem reichlichen Grün ist heiterer, aber die goldigen und rosafarbenen Töne des dunstigen Morgenlichtes in dieser Herbstlandschaft sind nicht ohne Reiz. Im niederen Gestrüpp sind Kompositen und Labiaten mit reifen Früchten überladen.“ (R. Boehm.)

Auch der Winterschlaf der Tiere ist ein jahreszeitlicher Ruhezustand. So wie in den Tropen die unter einem Stein zusammengeringelte Schlange nach einer kühlen Nacht bei 16—18° vollständig erstarrt ist, so erstarren in unserem Klima die Schlangen, wenn die Herbstwärme aufhört. Es erstarren die Amphibien, Muscheln, Schnecken, kurz die meisten kaltblütigen Tiere. Die Temperatur ihres Körpers sinkt fast auf die Temperatur der Umgebung, das Leben erlischt aber dabei nicht ganz. Bekanntlich schlafen auch warmblütige Tiere den Winter durch, so der Bär, der Dachs, das Ziesel, wobei sich deren Körpertemperatur ebenfalls in beträchtlichem Maße erniedrigt. So wie es einen Winterschlaf gibt, gibt es auch einen Sommerschlaf in dem heißen und trockenen Sommer subtropischer Klimate; Amphibien, Reptilien, Spinnen, Insekten, Schnecken verfallen in ihn. Also auch darin übereinstimmende Folgeerscheinungen der Trockenheit und der Kälte.

Abstufungen des Lebens vom Äquator zu den Polen.

Die größte Lebensentfaltung gehört dem Tropengürtel an, das schwächste Leben hat sich jenseit der Polarkreise entwickelt. Dieses Abnehmen der Lebensintensität vom Äquator zu den Polen prägt sich in verschiedener Art in den drei Reichen und im Land und Meer aus. Die Grundthatsachen sind dabei folgende: In allen drei Reichen nimmt der Formenreichtum ab. Im Pflanzen- und Tierreich sind es die Arten, die von 5000 in einem engen Gebiete der Tropen auf 500 in der ganzen bekannten Welt der Arktis abnehmen. Entsprechende Verarmungserscheinungen zeigen uns auch einzelne Länder: Südflorida hat allein 360 Arten antillischer Verwandtschaft, die den 29. Grad nördl. Breite nicht überschreiten. Nathorst verteilt die nordgrönländischen Pflanzen auf drei Zonengruppen; da zeigt die Zone 76 bis 77°: 64, die Zone 78 bis 79°: 63, die Zone 80 und 81° noch 32 Arten. Von Menschen bewohnt nur die einzige Rasse der Eskimo die arktischen Länder jenseit der Nordränder von Asien, Europa und Nordamerika. Die

Eiche. Birke. Buche.

Laubbäume im Winter. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 521.

polaren Meeresbewohner sind ebenfalls an Artenzahl gering, wenn auch manchmal einzelne Arten in riesigen Mengen auftreten. In allen drei Reichen nimmt die Größe der bewohnten Flächenräume ab, womit die Lebensgebiete immer weiter auseinanderrücken. Die Pflanzenwelt ist durch Schnee, Firn, Eis und humuslosen Fels eingeengt, die Tierwelt ist aus den großen Eisöden ebenfalls verbannt, und die Menschen hängen so entschieden wie sonst nirgends von diesen Oasen des Pflanzen- und Tierlebens ab. Eine große Einförmigkeit der Gesamterscheinung und der Lebensgesellschaften tritt schon diesseits der Waldgrenze ein. Die Pflanzen sind niedrig, blattarm. Bäume und größere Sträucher gehen nordwärts im allgemeinen nicht über den Polarkreis hinaus, sowie Palmen nicht über den 40. Parallel; die mit Kokospalmen bestandene Koralleninsel ist der Ausdruck der Ähnlichkeit der klimatischen Bedingungen der Riffkorallen und der baumartigen Palmen in der warmen Zone. Großblätterige Stauden, hohe Rohrgewächse, Lilien- und Knollengewächse, Epiphyten überschreiten nicht den Polarkreis; die geschützten Standorte, das Wachsen dicht am Boden hin, das Sichzusammendrängen in halbkugelförmigen Rasen werden nun die Merkmale der Vegetation, die Blütenlosen überwiegen, besonders Flechten und Moose. Die herrschenden Vegetationsformen sind daher der zerstreute, hochalpine Rasen, die Tundra, das Moor, die Heide. In der landbewohnenden Tierwelt fehlen alle Reptilien und Amphibien, Landschnecken, Süßwassermuscheln, Landkrustaceen, Schmetterlinge, Heuschrecken und viele andere Tiergruppen.

Die nördlichste bekannte Pflanze ist die Flechte Omphalaria, die Lockwood aus der nördlichsten Breite, auf einem Stück Quarz haftend, mitgebracht hat. Von 61 Blütenpflanzen der Lady Franklin-Bai unter dem 82. Grad sind 19 Gräser, Riedgräser und Binsen. So ist es auch auf der Südhalbkugel, wo Hooker auf Kerguelen unter 150 Pflanzenarten nur 18 Blütenpflanzen, aber 3 Farne, 35 Moose und Jungermannien, 100 Flechten und Algen und 1 Pilz fand. Südgeorgien hat 12 Blütenpflanzen, worunter 4 Gräser, 3 Farnkräuter, 26 Moose, Lebermoose, 10 Flechten, Süßwasseralgen, 1 Pilz.

Die Größe der Individuen nimmt im Pflanzenreich polwärts entschieden ab. Wenn auch die höchsten Bäume in der gemäßigten Zone: Südostaustralien, Kalifornien und Oregon wachsen, so haben doch die Tropen die größte Zahl von hochwachsenden Baumarten und auch von Riesen im Breitenwachstum aufzuweisen. Hauptsächlich verzwergt aber jede Pflanzenart im hohen Norden und Süden. Und auf den Firn- und Eisfeldern bleiben endlich nur noch mikroskopische Algen übrig. In der Tierwelt ist es nicht genau so. Es gibt hier einige große Formen, die gerade im Kampf mit der harten Natur der Polargebiete so kräftig geworden sind: der Eisbär, der Vielfraß, der Moschusochse, das Renntier. Daß der Moschusochse noch herdenweise in Grantland bei —20° Jahrestemperatur vorkommt, beweist, wie wohlgeschütztes Leben auch den tiefsten Kältegraden nicht weicht. Und welche konzentrierte Masse von unerhörter Größe ist im Meer der grönländische Walfisch, der bis zu 20 m lang wird; welche diffuse jene kleinen Lebewesen, die das Wasser, in welchen jener schwimmt, in solcher Menge erfüllen, daß Scoresby meint, sie nähmen ungefähr ein Viertel des Meeres östlich von Grönland zwischen 74 und 80° nördl. Breite ein.

Die klimatischen Höhengrenzen des Lebens.

Dem im ersten Band, S. 698 u. f., über die Höhengrenzen einzelner Lebensformen Gesagten sei hier hinzugefügt, daß überall auf der Erde jenseit einer gewissen Höhe bei Pflanzen und Tieren die Artenzahl abnimmt. Die Hochgebirgsflora der Schweiz hat über 2600 m noch 335 Arten. Davon leben in dem Gürtel zwischen 2800 und 3000 m noch 226 Arten von Blütenpflanzen, ihre Zahl sinkt auf 152 zwischen 3000 und 3200 m, auf 120 zwischen 3200

und 3300 m, und in den Stufen 3300—3500 m auf 48 und zwischen 3500 und 3700 m auf etwa 20 herab. Oswald Heer zählt noch 6 Blütenpflanzen jenseits von 3900 m. Die vier letzten Blütenpflanzen der Alpengipfel: Ranunculus glacialis, Silene acaulis, Saxifraga bryoides und moschata, kommen zugleich auf den äußersten Granitzinnen der Hohen Tatra vor, Ranunculus glacialis ist am Matterhorn bei 4270 m gefunden worden, in den Deutschen Alpen wurde Saxifraga stenopetala bei 2800 m an der Zugspitze gefunden. In der Nivalflora herrschen entschieden die Kompositen und Gräser vor. So wie die Wärme an den verschiedenen

Zedern des Libanon. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 525.

Hängen eines Gebirges verschieden ist, steigt auch das Leben an ihnen zu verschiedenen Höhen auf, und dabei macht sich besonders jene Begünstigung der zentralen Teile und Massenerhebungen der Gebirge geltend, die wir schon bei den Firngrenzen (s. oben, S. 321) kennen gelernt haben. So finden wir in den Nordalpen die letzten Fichten bei 1800 m, in den Südalpen bei 1900 m, in den Zentralalpen bei 2000 m. Über die Wirkung der Lage zu den Himmelsgegenden ist es schwer, allgemeine Angaben zu machen, weil die Wirkung der Besonnung von der der Niederschläge, Bewölkung, Vergletscherung durchkreuzt wird. Sendtners oft wiederholte Angaben für die Bayrischen Kalkalpen: bei 1740 m Waldgrenze in südlich, bei 1610 m in nordöstlich gewandter Lage sind durchaus nicht typisch. Magnus Fritzsch, der in den Ortler Alpen die mittlere Höhe der Baumgrenze durch eine lange Reihe sorgfältiger Messungen zu 2243 m festgestellt hat, fand sie am tiefsten im Südosten und Süden, im Ultenthal, bei 2207 m,

160 Westl. L. v. Greenwich 180 Östl. L. v. Greenwich 160

VERBREITUNG DER WICHTIGSTEN
PFLANZENGRUPPEN
DER ERDE

Äquatorial-Maßstab 1:100,000,000

Tropische Urwaldpflanzen mit hohem Wärme- und Feuchtigkeitsbedürfnis	*Laubwerfende Bäume* Dikotylen mit geringem Wärmebedürfnis
Savannenpflanzen mit hohem Wärme- und Trockenheitsbedürfnis	*Nadelholzbäume* a im Gebirge, b in der Ebene
Immergrüne Buschpflanzen mit mittlerem Wärmebedürfnis, Wälder, Maquis, Scrubs bildend, bisweilen mit Coniferen gemischt	*Wiesen- u. Heidepflanzen*
Steppen- und Prärienpflanzen	*Tundren- (a) und Alpenpflanzen (b),* Stauden u. Gräser von geringstem Wärmebedürfnis
Grasland der südlichen Hemisphäre (a im Gebirge, b in der Ebene)	

Hellgelber Grundton bezeichnet das nördliche aussertropische Florenreich, *hellblauer* das alt- u. neuweltliche, *weisser* das ozeanische Florenreich. Farbige Stellen ohne nähere Bezeichnung bedeuten vegetationsleere Gebiete (Wüsten etc.). Die *roten Linien u. Ziffern* finden im Text ihre Erklärung.

Bibliographisches Institut in Leipzig

am höchsten im Nordosten, im Martellthal bei 2311 m. Die Waldgrenze liegt nach seinen Messungen in den Ortler Alpen 112 m tiefer, und zwar am tiefsten wieder im Südosten bei 1983 m, am höchsten im Norden bei 2223 m. Im östlichen Tiënschan liegt die Waldgrenze nach Prschewalskij bedeutend höher als im westlichen.

Der Baumwuchs wird nach oben kleiner und dünner. Die Jahresringe werden immer enger, viele Bäume kommen an ausgesetzten Orten über ein buschig-pyramidales Wachstum gar nicht hinaus; nur einige haben, wie mit lang angesammelter Kraft, diese Form durchbrochen und sich zu gegabeltem oder gedreifachtem Stammwachstum durchgerungen, das von dem kerzengeraden Aufstreben im Tiefland weit entfernt ist (s. die Abbildung, S. 524). Auch im Legföhrenwald nimmt die Dicke der Stämme mit der Höhe so weit ab, daß (nach Simonys Messungen) Stämme von 140—150 Jahren nur noch 2 Zoll Dicke haben. Zugleich hört das Wachstum an der Nordseite fast ganz auf und wird dafür an der Südseite so viel kräftiger, daß das Mark doppelt so nahe dem nördlichen als dem südlichen Rande eines Stämmchens liegt. So haben denn auch bei gleicher Höhenlage und Bodenart die Legföhrenstämme der Südabhänge $^3/_{10}$—$^4/_{10}$ stärkere Stamm- und Astbildung als die der Nordabhänge. Zwerghafter und niedergedrückter Wuchs ergreift die Bäume fast aller Gebirge. So wie in den Alpen, Karpathen und Sudeten die Legföhre, in den Pyrenäen Pinus uncinata, in den nördlichen Alleghanies die Balsamtanne, ist auf den Bergen des Feuerlandes die antarktische Buche zu einem dichten, an den Boden gedrückten Gebüsch von 1—1,5 m Höhe verzwergt.

Lebenszonen.

(Siehe die beigeheftete Karte „Verbreitung der wichtigsten Pflanzengruppen der Erde".)

Wir sind gewöhnt, mit einer Klimazone die Vorstellung charakteristischer Lebensformen zu verbinden. Der tropische Urwald, die subtropische Savanne, der lichte Buchen- oder Föhrenwald der gemäßigten Zone, die Tundra der Polargebiete sind uns ganz vertraute Assoziationen. Selbst auf einzelne Arten von Lebewesen erstrecken wir diese Verbindung; Bananen, Baumorchideen, Baumfarne und Cykadeen erscheinen uns als ebenso berechtigte Vertreter des heißfeuchten Tropenklimas, wie die Cypresse oder der Ölbaum des mittelmeerischen, die Tanne des kalten gemäßigten Klimas. Auch Tiere und selbst bestimmte Völkertypen vereinigen sich in unserem Vorstellen mit bestimmten Zonen. Wer dächte sich das Renntier und den Lappen in die Tropen, den Neger und das Nilpferd in die Polargebiete? Insofern hat man wohl das Recht, von Lebenszonen zu sprechen. Nach dem, was wir von dem Einfluß der Verteilung der Wärme und der Niederschläge über das Jahr auf die Verbreitung des Lebens erfahren haben (s. oben, S. 519), werden wir weder eine scharfe Abgrenzung der Lebenszonen voneinander, noch durchgehende Übereinstimmungen in jeder einzelnen erwarten. Besonders werden Menge und Verteilung der Niederschläge die Regionen der Wärmeverbreitung durchbrechen und zerteilen. Es werden sich in jeder Zone Provinzen absondern, die nur noch in den größten Merkmalen miteinander übereinstimmen. So kann zwar nicht überall der Tropengürtel tiefe Urwälder tragen, aber er bleibt im ganzen das Klima der Palmen, der Affen und Halbaffen, der Papageien, der riffbauenden Korallen. Diese und viele andere, die nicht minder bezeichnend sind, mögen weiten Gebieten dieser Zone fehlen, doch treten sie an vielen Stellen, und sei es am äußersten Rande, wieder auf.

Dem tropischen Tieflandklima sind die Pflanzen und Tiere eigen, welche die größte Wärmemenge brauchen. Dauernde Feuchtigkeit entwickelt in ihm die reichste und größte

Vegetation des heißfeuchten Tropenklimas, bei deren Anblick man an den Ausruf von Bates im Amazonas-Urwald denken muß: „Wie großartig in seinem vollkommenen Gleichgewicht und seiner Einfachheit ist der Gang der Natur unter dem Äquator.“ Die Gleichmäßigkeit der Wärme und Feuchtigkeit, die dieses Klima auszeichnen, begünstigt wie kein anderes vor allem die Pflanzenentwickelung. In den ungemein mannigfaltigen, von Lianen durchflochtenen und mit Parasiten überladenen tropischen Urwäldern ruht das Leben nie, sie bleiben das ganze Jahr hindurch dieselben, blühen und grünen immer fort. Weder Frost noch Trockenheit bedrohen die Ernte, deren größte Feinde nur Unkraut und Ungeziefer sind. Trotz der häufigen, in manchen Gegenden täglich fallenden Niederschläge und der starken Bewölkung ist die Lichtfülle groß; nur im Urwald dämpft sie der grüne Widerschein dichter Laubdächer. Die Dauer des Tages ist in der ganzen Tropenzone wenig verschieden, die Dämmerung sehr kurz. Es ist das Klima des regelmäßigsten Verlaufes aller Lebenserscheinungen. Für den Menschen liegt darin freilich der Grund einer erschlaffenden Einförmigkeit, und seine höchste Kultur hat sich unter Bedingungen entfaltet, die auf den ersten Blick nicht so günstig sind. Wir nennen dieses Klima nach seinem größten und eigentümlichsten Erzeugnis das des tropischen Urwaldes[1]. Wo eine Trockenheit von mindestens zwei Monaten sich einschiebt und die jährliche Regenmenge unter 2000 mm sinkt, entwickeln sich in demselben Gürtel Baumsavannen mit mannigfaltigen Bäumen oder lichtem Wald im tropischen Baumsavannenklima.

Das trockenheiße Klima der Passatregionen ist schon durch den Raum, den es bedeckt, eines der wichtigsten; ihm gehört annähernd die Hälfte der Erdoberfläche an. Große, regelmäßige Schwankungen in der Wärme, oft noch größere und dabei unberechenbare in der Feuchtigkeit machen dieses Klima zu einem der wechselreichsten. Daher schrumpft die pflanzliche Lebensfülle ein, der Wald verschwindet, die reine Grassteppe tritt an seine Stelle, und bei weiterer Abnahme der Niederschläge das Dorngestrüpp und die verschiedenen Formen der Wüste. Daher auch Ausbreitung grasfressender oder Trockenheit ertragender Tiere und in der Menschenwelt Begünstigung des Nomadismus. Gewaltig ist der Lichtreichtum. Klare Nächte, in denen das Licht der Venus Schatten wirft, begünstigen Tau- und selbst Eisbildung; reichlicher Tau füllt oft die Lücken aus, die der Regen läßt. In diesem Gürtel entwickelt sich mit Sommerhitze und -dürre und Winter- und Frühlingsregen das Klima subtropischer Strauch- und Grassteppen der Alten Welt in Westasien und Nordafrika (Köppens Tragantklima), das tief in die gemäßigte Zone hineinziehende ostpatagonische Steppenklima und das Steppenklima Süd- und Nordamerikas im Mezquite-[2] oder Espinalklima Köppens mit starken Sommerregen. In allen dreien wechseln Grasflächen mit Strauchsteppen und stacheligen Leguminosenwäldern, und es treten dazwischen auch nicht wenig ausgedehnte Wüstenstriche auf.

Eine ganz besondere Stellung nimmt das Hochsavannenklima der Hochländer tropischer Erdteile ein: die baumlosen, winterdürren, im Sommer von starken Regengüssen bewässerten, daher zum Teil sehr fruchtbaren Hochebenen von Mexiko, die andinen Hochebenen Südamerikas, Abessiniens, des subtropischen Südostafrika. Agave (s. die Abbildung, S. 527), Quinoa, Kaktusse, Euphorbien, Aloe gehören zu den Charakterpflanzen dieser wichtigen, zwischen 1200 und

---

[1] Während wir sonst in der Betrachtung der klimatischen Pflanzenprovinzen uns gern Wilhelm Köppen anschließen, ziehen wir vor, für das tropische Urwaldklima seine Bezeichnung Lianenklima nicht zu gebrauchen, da sie uns ein zu nebensächliches Merkmal nennt; ähnlich auch bei der folgenden Provinz und einigen anderen.

[2] Mezquite ist eine texanische Form der stacheligen und knorrigen Kleinbäume aus der Familie der Leguminosen, die in allen diesen Steppengebieten vorkommen, nicht selten Strauchwälder bildend.

Vegetation der mexikanischen Hochebene mit Agaven, Kaktussen u. s. w. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 526.

fast 4000 m, zwischen Tropenwäldern und Hochgebirgsnadelwäldern liegenden Stufe. Unter zwei ganz verschiedenen Bedingungen kommen echte, ausgedehnte Wüsten in diesem Gürtel vor: an den Westküsten Südafrikas und Südamerikas bildet sich unter dem Einfluß kalten Küstenwassers das Garúaklima aus, ein kühles, trockenes Klima, an der Küste nasse Nebel, die Garúas der Chilenen. Auch der Westrand der Sahara scheint dieses Klima zu besitzen, und in Kalifornien tritt es in einem schmalen Küstenstrich auf. Viel größer wird die Wüstenbildung im Inneren Nordafrikas und Westasiens unter dem Einfluß des kontinentalen Wüstenklimas. In beiden Wüstenformen ist das Leben nach Arten und Individuen höchst arm, die Pflanzen sind meist von sehr kurzer Vegetationsdauer, niedrig, mit allen möglichen Schutzvorrichtungen gegen Feuchtigkeitsverlust versehen, die Tiere großenteils in Form und Farbe dem Wüstenboden angepaßt. Die Lebensformen der einzelnen Wüstenbildungen im Inneren der Steppengebiete stimmen vielfach mit denen der großen Wüsten überein.

Das gemäßigte Klima ist in seiner Wirkung auf das Leben nur in der Wärme gemäßigt, in anderen Beziehungen ist es gegensatzreicher als das tropische. Die gemäßigten Zonen sind die Zonen des reichsten Wechsels der Jahreszeiten. Neben dem Winter mit Eis und Schnee steht der Sommer mit mehr oder weniger Regen und zwischen beiden der Frühling und der Herbst; überall hat dabei der Frühling mehr Ähnlichkeit mit dem Winter, der Herbst mit dem Sommer. In binnenländischer Trockenheit bildet sich in beiden Erdhälften das Prärienklima aus, in dem mit der Abstufung der Niederschläge aus den angrenzenden Waldgebieten Parklandschaften mit vereinzelten Bäumen und Baumgruppen, Grasflächen und endlich, in Sand- und Salzwüsten übergehend, Strauchsteppen entstehen, für die besonders der Wermutstrauch bezeichnend ist. In Eurasien bildet dieses Klima einen breiten Saum vom Hoangho bis zur Donau, in Nordamerika nimmt es weite Räume westlich von 98° westl. Länge ein.

Unter dem Einflusse der großen Land- und Wassermassen bilden sich auf der Nordhalbkugel die Monsunklimate der gemäßigten Zone aus. Heiße Sommer mit sehr ausgiebigen Regen sind für sie alle bezeichnend. Ostasien bis 40° nördl. Breite, das östliche Nordamerika bis 45° stehen in besonders großer Ausdehnung unter der Herrschaft dieses Klimas. In allen diesen Gebieten reichen tropische Pflanzen- und Tierformen weit nach Norden, während nordische Formen bis zum Wendekreis gesehen werden. Es sind die Länder der durch Sommerregen begünstigten Kulturen des Maises, Reises, Thees, Matés, der Baumwolle. Köppen unterscheidet in dieser Reihe das Kamelienklima Ostasiens, der südöstlichen Himalayaländer, des Golfgebietes von Nordamerika, Südbrasiliens und Paraguays und rechnet in Afrika Abessinien sowie Teile des südäquatorialen Hochlandes, endlich in Australien Teile der Ostküste und des Ostgebirges dazu. Im Norden schließt sich an dieses Klima das von Köppen als Hickoryklima unterschiedene Klima des Übergangsgebietes vom Wald zur Prärie im Inneren von Nordamerika am Ohio und an den Großen Seen, in Ostasien von Nordchina und Nordjapan bis in das Innere der Mandschurei, ein Klima der Laub- und Nadelwälder, der Parklandschaft, des Weizenbaues. Ein sehr nahe verwandtes Klima ist das Mais- und Weizenklima mit Frühsommerregen und trockenem Spätsommer und im allgemeinen spärlichen Niederschlägen an der unteren und mittleren Donau, im südwestlichen Rußland und im alten Westen der Vereinigten Staaten von Amerika.

Das Mittelmeerklima bildet den Übergang vom Passatgürtel zu den kälteren gemäßigten Gebieten; immergrüne Sträucher und Bäume, Matten mit aromatischen Pflanzen, zahlreiche aus den Subtropen verpflanzte Nutz- und Zierpflanzen bezeugen eine seltene Vergünstigung in

der Verbindung von milden, regenreichen Wintern und warmen, noch nicht völlig regenlosen Sommern. Dieses Klima ist am deutlichsten ausgeprägt in den eurasischen Mittelmeerländern, dann in Südkalifornien und Südwestaustralien. Mit kühleren Wintern tritt es in ozeanischer Ausprägung als *Erikenklima* an dem klimatisch begünstigten Südwestrand des Kaplandes, in Südwestaustralien, in Chile auf. Polwärts von diesen trifft man in beschränkten Gebieten ein noch mehr ozeanisches Klima, den vorigen in der Milde und Gleichmäßigkeit der Temperatur ähnlich, aber mit hinreichender Befeuchtung das ganze Jahr hindurch. Wir finden es an den

Nordsibirische Baumgrenze. Nach A. Th. von Middendorf. Vgl. Text, S. 530.

klimatisch begünstigten Westküsten Europas von Südirland bis Nordportugal, in Südafrika, Südostaustralien, Neuseeland, Südchile; äquatorwärts zieht es sich in regenreiche Hochländer hinauf. Köppen hat ihm den Namen *Fuchsienklima* beigelegt. Podocarpus, Baumfarne, Cinchona gehören zu seinen Charakterbäumen.

Im kalten gemäßigten Klima kann man im Waldgürtel das *Eichenklima* und das *Birkenklima* unterscheiden. Jenes ist das südlichere, hat mindestens vier Monate von mehr als 10° Mittelwärme und Niederschläge zu allen Jahreszeiten; ihm gehören West- und Mitteleuropa bis 60° nördl. Breite, in Ostasien das mittlere Amurland und das Ussurigebiet sowie Yesso, in Nordamerika der regenreiche Nordwesten, die Hochgebirgswälder des Westens und das Waldgebiet von Neuengland, die Alleghanies und das Seengebiet an. Es ist das Gebiet der höchsten Kultur der neueren Zeit, von wo die energischste Expansion und Kolonisation seit anderthalb Jahrtausenden ausgegangen ist. Das Birkenklima zieht in einem breiten Streifen

zwischen dem Eichenklima und dem Polarklima hin: ungemein winterkalte Gebiete mit vorwaltenden Nadelwäldern, Birken, Erlen und bis über den Polarkreis hinaus betriebenem Sommergetreidebau, in denen in Eurasien die Vorposten der Waldgrenze liegen (s. die Abbild., S. 529). Auf der südlichen Halbkugel gehört ein antarktisches Waldgebiet dem rein ozeanischen, regenreichen Klima an, im südwestlichen Patagonien von 48° an polwärts, in den Gebirgen von Neuseeland und Tasmanien; auf der Nordhalbkugel haben die Färöer ein ähnliches Klima.

Im polaren Klima herrscht an der Stelle der bunten Mannigfaltigkeit der Klimate der gemäßigten Zone die „Monotonie der Kälte“ (Hann), so wie das Tropenklima die Monotonie der Wärme für sich hat. Wenn auch in den höchsten bekannten Breiten die „Mitternachtssonne“ einen höheren Betrag von Sonnenstrahlung erreicht als selbst am Äquator, so wird doch so viel Wärme zur Schmelzung von Eis und Schnee gebraucht, daß die Sommertemperatur immer niedriger wird. Bringt nun auch die Verteilung von Land und Wasser in der Arktis einen kontinentalen und in der Antarktis einen ozeanischen Typus polaren Klimas hervor, so bleiben doch die biogeographischen Eigenschaften des Klimas in beiden die gleichen: der größte Teil des Landes mit Firn und Eis bedeckt, die Möglichkeit des Pflanzen- und Tierlebens am Lande äußerst beschränkt, kein Baumwuchs, der Mensch, wo er sich in der Arktis dem Pole nähert, auf schmale Küstenstreifen zum Wohnen und immer mehr auf das Meer zur Ernährung hingewiesen. Man kann das arktische Tundrenklimagebiet mit niederschlagsarmem Winter, kurzem, aber verhältnismäßig warmem Sommer, Moos- und Flechtentundren und Oasen von Blütenpflanzen unterscheiden von dem antarktischen Klimagebiet, das eine ozeanische Form des Polarklimas mit kaltem Sommer und Niederschlägen in allen Jahreszeiten ist. Kerguelen, Südgeorgien gehören hierher, und das Klima einsamer kleinerer Inseln, wie der Bäreninsel, nähert sich ihm. Das Hochalpenklima mit gleichmäßig niedrigen Temperaturen und reichen Niederschlägen, in allen die Firngrenze erreichenden Hochgebirgen, und das Pamirklima mit kontinentalen Merkmalen, besonders mit Niederschlagsarmut, in Hochasien, sind insular verteilte Gebiete polaren Klimas, aber mit der Sonnenstrahlung höherer Breiten. Wo die Mitteltemperatur auch des wärmsten Monates unter 0° sinkt, haben wir endlich das Gebiet der größten Lebensarmut in der Antarktis südlich vom Polarkreis, in den höchsten Firnregionen der Hochgebirge, im eisbedeckten Inneren der Nordpolarländer.

---

8. Das Klima im Leben der Völker.

Inhalt: Wie wirkt das Klima auf die Menschen ein? — Nachweisbare Einflüsse der Wärme auf Körper und Seele der Menschen. — Nachweisbare Einflüsse des Luftdrucks und der Feuchtigkeit auf Körper und Seele der Menschen. — Der Einfluß des Lichtes auf den Menschen. — Zonenunterschiede im Völkerleben. — Klimatische Einflüsse im äußeren Leben der Menschen. — Das Tages- und Jahresleben. — Klimagebiete. — Winde und Stürme.

Wie wirkt das Klima auf die Menschen ein?

Die Geographie sieht drei große Wege der Einwirkung des Klimas auf die Menschen: zuerst die unmittelbaren Veränderungen des Körpers und Geistes durch Licht, Wärme, Kälte, Feuchtigkeit, Trockenheit, Luftdruck, Winde. Die Wüstenhitze bräunt den hellen Menschen, der Neger wird in arktischer Kälte heller, die feuchte Luft der Tropen erschlafft, die Trockenheit Australiens wirkt anspannend, sogar aufregend auf das Nervensystem, Passatwinde

befreien die Luft von Krankheitskeimen. Das sind Wirkungen auf einzelne, deren Natur physiologisch und psychologisch bei einzelnen zu erforschen ist; erst wenn sie sich über ganze Völker ausbreiten und deren Dasein und Wirken mit bestimmen, werden sie auch Gegenstand der geographischen Darstellung. Wir sprechen dann von Tropenvölkern und Polarvölkern, von den Kulturvölkern, die nur in gemäßigten Himmelsstrichen aufwachsen konnten, und beachten selbst in der Beschreibung kleinerer Gebiete die Verschiedenheit ihrer klimatischen Eigenschaften, indem wir z. B. den Charakter des Provenzalen, der in einem mittelmeerischen Klima lebt, dem des Bretonen oder Normannen entgegensetzen, dessen Land ein Klima wie Südengland hat. Ebenso begrenzt wie die Klimate selbst sind natürlich auch diese Wirkungen. Wir kennen z. B. keine Eigenschaft der Amerikaner, die im ganzen Erdteil wiederkehrte, schon in Nordamerika wirkt Kanada anders als Neuengland, Texas anders als Kalifornien auf die Menschen ein. Die Grenzen der klimatischen Wirkungen durchschneiden einheitliche Eigenschaften der Kontinente und tragen zur Zergliederung großer Völker bei.

Die zweite Art klimatischer Einflüsse wirkt auf die Völkerbewegungen, die das Wesen der Geschichte ausmachen: das kontinentale Klima der Steppen ruft das Wanderleben der Nomaden hervor, die über ihre Wohngebiete hinausschwellen und andere Gebiete überfluten, wo unter den Bedingungen eines feuchteren Klimas die Völker sich durch den Ackerbau an den Boden fesseln. So ist der große Gegensatz zwischen Ansässigkeit und Nomadismus im Grund ein klimatischer. Völker rauherer Himmelsstriche wandern nach milderen; aus einer Sehnsucht nach den „warmen Meeren", wie sie die russische Volkspoesie singt, wird eine stürmische Völkerwanderung, die Griechenland, Italien, Spanien mit Nordbewohnern überflutet. Die Kolonisten Nordamerikas zeigten dadurch, daß sie sich von Anfang an den durch Breiten- und Höhenlage gemäßigten Strichen zuwandten, ihren Ursprung aus Ländern gemäßigten Klimas. Und da sie sich demgemäß auch bei ihrer weiteren Ausbreitung im gewohnten Klima hielten, entstand das Übergewicht des Nordens in der ganzen Entwickelung Nordamerikas, das sich besonders in dem Kampf um die Sklaverei bewährte. Noch heute sind im Süden ganz vorwiegend Farbige die Träger des Bevölkerungswachstums im feuchtheißen Tiefland, während sich die Nord- und Nordosteuropäer und Isländer mit Vorliebe den nördlichsten Strichen in Maine, Michigan, Wisconsin und Minnesota zuwenden.

Ein dritter Weg führt durch die klimatische Abhängigkeit der Pflanzen und Tiere auch die des Menschen in gewissen Grenzen herbei. Island konnte kein Land des Ackerbaues und der Rinderzucht, wohl aber der Schafzucht und der Fischerei werden. Wo in den Südstaaten Nordamerikas Tabak und Baumwolle gediehen, gedieh auch die Negersklaverei und die ganze soziale Organisation, die sie mit sich brachte. Insofern kann man sagen, daß die Jahresisotherme von 10° einen großen Einfluß auf die Geschichte der Vereinigten Staaten von Amerika geübt hat, oder daß die Juli-Isotherme von 10°, die den Wald abgrenzt, das Schicksal der Isländer bestimmt habe. Ein sehr großer Teil der Einflüsse, die man klimatisch nennt, gehört zu diesen mittelbaren. Die Natur, in die der Mensch hineingeboren wird, ist den Wirkungen des Klimas in höherem Maße, nämlich willenloser, unterworfen als er, und durch sie wirkt nun das Klima auf ihn zurück. So entstehen große, weitverbreitete Daseinsformen der Völker im Wald, in der Steppe, in der Wüste, in der Tundra u. s. w. Die Verbreitungsgebiete einzelner Tiere und Pflanzen beeinflussen das Leben der Menschen aufs tiefste; es sei nur an die Grenze der Dattelpalme, an die Getreidegrenze, an die Baumgrenze, an die Grenzen der Verbreitung des Elefanten, der Rinder, des Renntiers erinnert.

34*

Ehe wir diesen Wegen nachgehen, müssen wir uns aber klar werden, daß ein Volk nicht auf allen Stufen seiner Entwickelung in gleichem Maße den klimatischen Einflüssen ausgesetzt ist. Es ist bei einem Volk wie bei dem einzelnen Menschen, dessen Widerstandskraft sich mit seinem Wachstum steigert und mit dem Alter wieder abnimmt. Die Arbeit und das Wohnen auf Neuland bringt besonders in den Tropen die klimatischen Einflüsse viel mehr zur Geltung. Mit dem Fortschritt der Kultur wächst der Schutz gegen diese Einflüsse, und so ist für ein Volk, solange es noch nicht fertig ist, das Klima seines Landes der Punkt, in dem alle Fragen seiner Zukunft sich vereinigen. Für die Vereinigten Staaten von Amerika gibt es noch heute kein größeres Problem als die Fruchtbarmachung ihrer Westhälfte, von der es abhängen wird, ob die Bevölkerung sich weiter dorthin ausbreiten oder vielmehr zum Teil nach Osten zurückfluten wird; ob dort immer kleine Menschenzahlen oder große, stabile oder rasch wechselnde, Reiche oder Arme wohnen werden, ob große Städte auch im fernen Westen heranwachsen werden, oder ob der Osten sein historisches Übergewicht behalten wird. Vor 300 Jahren war ebenso entscheidend für den östlichen Teil des Landes, daß die Ansiedler ein Klima mit mitteleuropäischen Zügen, wenn auch 10—15 Breitengrade südlicher als in ihrer Heimat, fanden, unter dem sich in ganz kurzer Zeit das Leben der Kolonien in den altgewohnten Formen neu entfaltete, während südlich von 35° nördl. Breite der Einfluß eines wärmeren Klimas ganz neue Lebens- und Wirtschaftsformen, die Anfänge der späteren Sklaven- und Baumwollenstaaten, heranwachsen ließ. Nun ist noch immer das Volk dieser Gebiete kein altes Volk, aber wie sehr hat es sein Land umgestaltet! Durch die Lichtung von Wäldern im Osten, die Neuanpflanzung von Wäldern im Westen, die Bodenkultur in der mannigfaltigsten Form, Bergbau, Straßen- und Kanalbauten ist eine Kulturlandschaft entstanden. Wohl ist dabei das Klima im großen dasselbe geblieben, aber wie anders steht der Weiße darin als die Rothaut! Gerade Nordamerika und nicht minder Australien und Südafrika zeigen so recht klar, daß die Abhängigkeit des Menschen vom Klima kein Prägungsprozeß passiver Geister und Körper ist, sondern ein Entwickeln mit dem Klima oder wider es, wobei es innen oder außen seine Spuren hinterläßt, nicht ohne selbst Veränderungen zu erfahren.

Einflüsse der Wärme auf Körper und Seele der Menschen.

Die höchsten Grade von Luftwärme, die auf der Erde vorkommen, erträgt der Mensch ohne Schaden, solange sein Körper die Wärmeausgleichung leisten kann. Der Körper strebt nach Übereinstimmung mit der Temperatur seiner nächsten Umgebung, wozu ihm zwei Mechanismen der Regulierung dienen: die chemische Regulierung, die auf Innervationszuständen der Muskeln beruht, vermehrt im Körper die Wärmebildung, wenn die Lufttemperatur sinkt, und vermindert sie, wenn die Lufttemperatur steigt; bei der physikalischen Regulierung bleibt die Wärme im Körper dieselbe, es wird aber durch den Blutumlauf in der Haut und die Wasserverdunstung das Verhältnis zu der Lufttemperatur geregelt. Auf die chemische Regulierung führt das Bedürfnis der Bewegung, der äußeren Arbeit bei Kälte zurück, auf die physikalische vor allem die bei zunehmender Lufttemperatur eintretende Schweißabsonderung und Verdunstung durch die Haut sowie die Wasserverdunstung durch die Lunge: beides Mittel zur Bindung der überschüssigen Wärme.

Aus Gründen, die man noch nicht genau kennt, ist die Negerrasse für das Ertragen von großer Wärme besser ausgerüstet als die weiße, und besonders als die blonde; aber in den heißesten Gegenden der Erde, in der Sahara, im Sudân, in Arabien, in Indien, leben doch auch Völker semitischer, hamitischer und arischer Verwandtschaft und lebten, so weit wir zurückblicken

können. Das hängt damit zusammen, daß die hohen Wärmegrade, die der Mensch ohne Gefahr erträgt, erst bedrückend werden und sich zur Lebensgefahr steigern, wenn sie zusammen mit einem großen Maß von Feuchtigkeit auftreten. Trockene Wärme wird niemals so lästig empfunden wie feuchte, weil in ihr die Haut durch Verdunstung sich in dem Maße abkühlt, als die Luftfeuchtigkeit abnimmt. Temperaturen von 40—50° werden im Steppenklima ertragen, wenn nur die Haut gegen die unmittelbare Einstrahlung geschützt ist, während sie in einem feuchten Klima Hitzschläge herbeiführen. Soweit heute unsere Kenntnisse reichen, ist auch unter den Einflüssen, die dem weißen Mann auf die Dauer das Tropenklima unerträglich machen und ihn zu zeitweiligem Aufenthalt in kühleren Regionen zwingen, die Hitze der wichtigste, dem aber die Feuchtigkeit erst die entscheidende Form gibt. In heißfeuchter Luft vermindert sich die Menge der Wasserausscheidung durch Haut und Lunge, das Blut wird wasserreicher, es tritt die Blutarmut ein, angezeigt durch den Verlust der gesunden Gesichtsfarbe, und mit ihr eine ganze Reihe von weiteren Störungen. Außerdem wird dem Körper eine viel größere Arbeit bei der Wasserausscheidung zugemutet, die ihn mit der Zeit erschlafft. Der geringere Sauerstoffgehalt der Luft im heißen Klima, durch ihren Wärme- und Wassergehalt bewirkt, dürfte daneben kaum von nennenswertem Einfluß sein. Auch der in heißen Sommern bis 60° nördl. Breite vorkommende Hitzschlag tritt am häufigsten unter Umständen ein, die dem Wetter einen tropischen Charakter verleihen und die Wärmeabgabe des Körpers hemmen. Die größere Gesundheit in windüberwehten Gegenden hängt sicherlich auch zum Teil mit der Abkühlung der Luft und der Verstärkung der Körperausdünstung zusammen.

Die Wärmeempfindung ist beim Menschen eines hohen Grades von Erziehung fähig. Jeder Europäer wird in den Tropen empfindlicher gegen niedrige Temperaturen, die wir noch lange nicht als Kälte bezeichnen würden. Von den Afrikareisenden erfahren wir, daß sie erst eine Temperatur von mehr als 40° als unangenehme Hitze empfinden, während ein Fallen unter 20° als Kälte erscheint. „Es ist eben in Zentralafrika bei 17—19° kalt", sagt Emin Pascha und fügt in seinem Tagebuch hinzu: „Schauernd und fröstelnd setzten wir uns am Morgen um 6 Uhr bei 19° in Bewegung." Die Gefahr der Erkältung an kühlen Abenden, d. h. bei einem Sinken der Temperatur von etwa 28° auf 22° ist für Europäer in den Tropen sehr groß. Besonders in der Regenzeit sind Erkältungskrankheiten schwerer Art nicht selten und eine häufige Ursache der Sterblichkeit bei Eingebornen und Fremden. Die Eingebornen legen sich um das Feuer bei Temperaturen, die in der Nacht eines gemäßigten Klimas für schwer erträglich gelten würden.

Die Größe der **Temperaturschwankungen** ist nicht ohne Einfluß auf Körper und Seele der Menschen. Innerhalb gewisser Grenzen liegt in ihnen sicherlich ein gesundheitsförderndes und zugleich kulturgünstiges Moment; schon Hippokrates meinte, sie begünstigten den Stoffwechsel und schärften den Verstand. Von manchen Beobachtern wird die Geringfügigkeit der Temperaturschwankungen als die größte Ursache der erschlaffenden drückenden Wirkung des tropischen Klimas erklärt, und zwar nicht bloß in den tropischen Tiefländern. Ohne Zweifel ist es für das Leben der Europäer in den Tropen nicht so wichtig, daß die Temperatur oft über 30° hinaus-, als daß sie niemals unter 20° hinabgeht. Whymper schreibt selbst die Trägheit der Ecuadorianer ihrem gleichmäßigen Klima zu, „das fast unbedingte Sicherheit gibt, daß morgen so sein wird wie heute, sie verschieben deshalb alles, was gethan werden soll, auf morgen und dann auf übermorgen und so weiter". Auch die geringen Schwankungen der Feuchtigkeit scheinen in der gleichen Richtung wirksam zu sein. Solcher ermüdenden und erschlaffenden Gleichmäßigkeit stehen in der gemäßigten Zone wahre Sprünge oder Stürze der Temperatur gegenüber, unter denen vor allem die großen Schwankungen in engen Zeiträumen unmittelbar wirksam sind, und unter ihnen besonders die um den Gefrierpunkt, die durch Eisbildung und Schneefall die äußeren Lebensbedingungen so tief beeinflussen; sie sind eine große Ursache

der Erkältungskrankheiten, die besonders in der kalten gemäßigten Zone häufig und verderblich sind. Spätere Beobachtungen werden uns vielleicht darüber aufklären, ob schroffe Temperaturänderungen nicht mit der Zeit eine starke Wirkung auf das Nervensystem ausüben. Man hat den Eindruck, daß sie in Sibirien, wo sie am größten sind, leichter ertragen werden als in Nordamerika. In dem ozeanischen Klima der Südhalbkugel sind sie viel geringer als auf der Nordhalbkugel; man sollte nachforschen, ob auch ihre Wirkungen dort entsprechend kleiner sind.

Auch die niedrigsten Temperaturen der Luft sind für den Menschen nicht absolut schädlich. Er kann sich durch warme Kleider, Behausung, Heizung und starke Ernährung besser gegen Kälte als gegen Hitze und Feuchtigkeit schützen, wie z. B. die Eskimo in ihren Pelzkleidern, Schneehütten, bei ihren Thranlampen. Bei großer Trockenheit verweilt man in der Polarluft auch bei sehr niedrigen Temperaturen ohne üble Folgen. Erst Winde steigern das Kältegefühl zur Unerträglichkeit, und außerdem sind sie gewöhnlich Träger von Feuchtigkeit. Der Trockenheit des Polarklimas ist es jedenfalls auch zuzuschreiben, daß Erkältungen nicht so häufig sind, wie man meinen sollte. Nansen ist auf seiner großen Schlittenreise bis 86° von einem einzigen Hexenschuß heimgesucht worden, und die Matrosen der Payer-Weyprechtschen Expedition nach Franz Josefs-Land, geborene Dalmatiner, haben den zweijährigen Aufenthalt im Polarklima ausgezeichnet ertragen. Da die Mikroorganismen bei polarer Kälte nicht gedeihen, sind Ansteckungskrankheiten dort selten. Dazu wird wohl auch die geringe Zahl der Menschen und ihr sehr eingeschränkter Verkehr beitragen. Die charakteristische Krankheit der Polargebiete ist der Skorbut, der zunächst durch übermäßigen Genuß stark gesalzener Speisen, dann aber auch durch Wohnen in luft- und lichtarmen Räumen, gezwungene Unthätigkeit und dadurch gedrückte Gemütsstimmung hervorgebracht wird. Der Einfluß der Kälte auf das Wachstum der Menschen, den man einst unbesehen für alle Hyperboreer annahm — sagte doch selbst ein Reinhold Forster in den „Entdeckungen im Norden" von den Eskimo: die Kälte hat diesem Menschengeschlecht seine Körper eingeschrumpft — besteht nicht.

Die stählende, zur Bewegung und zur Arbeit anregende Wirkung eines kühlen Klimas, durch die dem Körper die Wärme wiedergegeben werden soll, die er durch Ausstrahlung in die kühle Umgebung verliert, schlägt bei sehr niederen Temperaturen in ihr Gegenteil um. Wenn das Thermometer unter —20° sinkt, hört die Lust zu Bewegung im Freien auf, die Menschen suchen jetzt vielmehr den Schutz ihrer Wohnungen, in denen sie der Luft, die Kälte bringt, mit allen Mitteln den Zutritt versperren. Eine solche Kälte gleicht dann an erschlaffender Wirkung dem Übermaß der Wärme in den Tropen. Wenn sich nun noch, wie in vielen Teilen Osteuropas, an die Kälteperioden des Winters ein langer kalter, feuchter Frühling anschließt, und wenn ihnen ein niederschlagsreicher, kalter Spätherbst vorausging, zieht sich die Zeit der Arbeit im Freien auf ein paar Monate zusammen. Wenn auch mancherlei Hausindustrien sich z. B. in den Teilen Rußlands entwickelt haben, wo sehr lange Winter herrschen, so entsteht doch für viele Menschen eine arbeitslose Zeit (vgl. unten, S. 543).

So wie bestimmte Krankheiten einzelne Klimagürtel bevorzugen, hat auch in jedem Klima jede Jahreszeit ihre Krankheiten. Der Sommer ist den durch Mikroorganismen hervorgebrachten Krankheiten günstig, da er die Entwickelung dieser kleinsten Lebewesen befördert. Sonnenstich und Hitzschlag sind selbstverständlich Sommerkrankheiten. Der Winter der gemäßigten Zone begünstigt Erkältungskrankheiten und, durch die Zusammendrängung der Menschen in engen Räumen, Ansteckungskrankheiten; Influenza, Blattern, Masern, Diphtherie, Gelenkrheumatismus sind in der kalten Jahreszeit am häufigsten, die Sterblichkeit an Lungenschwindsucht

am größten. Im allgemeinen ist bei uns, im Lande des kalten Frühlings, die Sterblichkeit am größten im Frühling, dann folgen Winter, Sommer, Herbst. Die Übergangsjahreszeiten sind überall den Erkältungskrankheiten und den Fiebern besonders günstig. Bei den Krankheiten, deren geographische Verbreitung ihre Abhängigkeit vom Klima zeigt, wie Gelbes Fieber, Malaria, Beriberi, ist die Wahrscheinlichkeit immer größer geworden, daß sie durch Organismen verursacht werden, deren Vorkommen klimatisch bestimmt ist.

Einflüsse des Luftdrucks und der Feuchtigkeit auf Körper und Seele der Menschen.

Die täglichen Schwankungen des Luftdrucks, die an wenigen Orten 20 mm überschreiten, werden auf das Leben kaum von Einfluß sein; sie entsprechen der Erhebung auf einen 200 m hohen Hügel, die kaum eine merkliche Wirkung auf irgend ein höheres Lebewesen ausüben dürfte, besonders nicht auf den Menschen. Für Heilzwecke werden Kranke Änderungen des Luftdrucks um das Fünfzehnfache ausgesetzt, ohne daß Zufälle hervorgerufen werden. Es ist etwas anderes mit der Luftverdünnung, die auf hohen Bergen, wo die Quecksilbersäule nur noch auf der Hälfte der Höhe wie im Tiefland steht, bei manchen Menschen zu krankhaften Zufällen führt, die man als Höhenkrankheit bezeichnet. Das hindert freilich nicht, daß der Verkehr im Himalaya und im Karakorum Pässe von 4000—6000 m benutzt, und daß die Oroyabahn nach den Anden über einen Paß von 4770 m und die Arequipa-Puno-Bahn über einen solchen von 4580 m Höhe führt. Aber dauernde Siedelungen gibt es jenseit dieser Höhen nicht.

Im Höhenklima entzieht die dünnere Luft dem Körper weniger Wärme; dieser empfängt vielmehr die durch keine Luftfeuchtigkeit verminderte Sonnenstrahlung eines klaren Himmels und dazu noch die vom Schnee zurückgeworfene Wärme. Eine Reihe von Ansteckungskrankheiten ist in hochgelegenen Orten der gemäßigten Zone unbekannt, und in den Tropen bleiben jenseit einer gewissen Höhe die Malaria und andere Krankheiten des heißfeuchten Tieflandes einfach aus. Europäer können tropische Klimate oft nur ertragen, wenn sie sich in Höhen über 2000 m wenigstens zeitweilig erholen können. Indien wird hauptsächlich von den Höhenstationen Dardschiling (2110 m), Simla (2150 m) u. a. aus regiert, und die europäischen Truppen in tropischen Ländern können nur durch Verlegung in Höhenlager gesund erhalten werden. Im gemäßigten Klima sehen wir ebenfalls ein Streben nach der Höhe, wenn auch nicht der Kühle, so doch des Lichtes und der Trockenheit halber. Die Siedelungen in den Gebirgen zeigen vielfach das Bestreben, den kalten und feuchten, von Reif und Nebel heimgesuchten Thalboden zu meiden; sie ziehen die sonnenreichen, weitschauenden Höhenlagen auf Schuttkegeln, Terrassen, Bergvorsprüngen vor (s. die Abbildung, S. 536). „Wer jemals im Spätherbst in einer jener windstillen und heiteren Perioden bei solchen an steilem Bergabhang ragenden Gehöften geweilt hat und zu einer Zeit, wo unten im Thale der gefrorene Boden schon von Reif und das entblätterte Zweigwerk der Bäume von Duftansatz starrt und alle Vegetationsthätigkeit längst erloschen ist, dort oben die sommerlichen milden Lüfte geatmet, die grünen Grasplätze noch mit herbstlichen Blüten geschmückt und die Schafe noch im Freien weiden gesehen hat, der wird es begreiflich finden, daß die ersten Erbauer der Gehöfte sich in jenen Höhen ansiedelten, die durch ihre günstigen Temperaturverhältnisse im Spätherst und Winter sich erfahrungsmäßig auszeichnen.“ (Kerner.)

In mäßigen Höhen der Gebirge begünstigen die dünnere und trockenere Luft, der Lichtreichtum, die starke Sonnenstrahlung die Lebensprozesse. Es wachsen dort kräftige, unternehmende Gebirgsvölker auf, deren Glieder die Arbeit des Bergsteigens stählt, deren Mut durch

die mancherlei Gefahren gestärkt wird, die sie zu bestehen haben, deren Lebensansprüche endlich durch die Kargheit des Bodens herabgedrückt werden. Damit verbinden sich jene im Gebirgsbau begründeten Einflüsse, deren wir früher gedacht haben (vgl. Band I, S. 700 u. f.), um Völker zu erziehen, deren geschichtliche Wirksamkeit weit über den engen Bereich ihrer Gebirgsthäler hinausragt. Sie unterwerfen die umgebenden Tiefländer und halten heftigen Angriffen in ihren natürlichen Festungen stand. Die Schweiz, Tirol, Montenegro sind lebendige Beispiele von der Lebenskraft der Gebirgsvölker.

Das Inkadorf Ollantai-tambo in Südperu. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 535.

Nicht bloß die dunkle Rasse, die noch immer die Merkmale ihrer Entstehung in feuchtem und warmem Klima trägt, sondern auch die helle leidet physisch im Trockenen; selbst der Steppenkirgise ist nicht vollständig an die Trockenheit seiner Steppenluft angepaßt, die seine Haut aufreißt und seine Schleimhäute entzündet. Der Trockenheit des nordamerikanischen Klimas wird von vielen die Anspannung des Nervensystems der Nordamerikaner zugeschrieben, besonders da sie in raschem Wechsel mit großer Feuchtigkeit auftritt. Auf der Rückseite einer Sommercyklone Nordamerikas herrscht nach einer Reihe von Gewittern der klare Himmel, „der der Landschaft Nordamerikas ihre scharfen Umrisse und dem Menschen ein intensives Lebensgefühl“ (Stowe) verleiht. Den Einflüssen der Temperatur kann sich der Mensch leichter entziehen als denen der Feuchtigkeit. Er kann Wärme und Kälte um sich herum erzeugen, aber eine trockene Luft nicht feuchter machen und umgekehrt. Man nennt zwar die Anpflanzung des Waldes als ein Mittel, um ein Klima feuchter zu machen, aber ohne hinreichende Begründung (vgl. oben,

(S. 485). Es ist Thatsache, daß, wenn es in einer regenarmen Gegend nicht gelingt, Wasser im Boden zu erbohren, der Mensch sich zurückzieht. Das ist der große Unterschied zwischen der Wirkung des Nordens und des Südens in der Geschichte Nordamerikas und des Westens und Ostens, daß im Laufe der Jahrhunderte der Nordländer sich an die Wärme des Südens gewöhnt hat, aber die wüstenhaften Striche Utahs, Nevadas, Arizonas jenseit der Grenze der künstlichen Bewässerung menschenleer bleiben.

Der Einfluß des Lichtes auf den Menschen.

Das Sonnenlicht und die Bewölkung beeinflussen unsere Stimmungen, oft selbst unsere Thätigkeit. An heiteren Sonnentagen ist es in uns selbst klarer; es zieht uns hinaus in die frische, lichtreiche Luft, wir haben keinen Regen für uns und keine Gewitter für unsere Saaten zu fürchten. Der blaue Himmel ist hoch über uns, während umgekehrt grauer, bewölkter Himmel auf uns drückt, unsere Entschlüsse verlangsamt, unsere Stimmung schwer macht. In unzähligen Liedern haben Dichter diesen Stimmungen Ausdruck gegeben. Der Wechsel der Himmelszustände im gemäßigten Klima verstärkt diese Stimmungen, und darin liegt sicherlich ein Grund der größeren Beweglichkeit und Energie der Menschen gemäßigten Klimas. Weder einförmig grauer noch dauernd blauer Himmel sind dieser Zone eigen. Teilweise Bewölkung und rascher Wechsel der Zustände sind die Regel. Ein blauer Himmel mit einzelnen glänzend weißen Wolken oder mit leichtem Cirrus, ein plötzlich heraufziehendes und verfinsterndes Wolkenheer, eine wochenlang anhaltende Nebeldecke sind Variationen von stärkerer Wirkung als jene einfachen Zustände. Dabei ist es eigentümlich, daß für unser Gefühl Tage mit mittlerer Bewölkung unbewölkten näher stehen als bewölkten. Unser Winter hinterläßt uns trotz der großen Anzahl von völlig klaren Tagen doch den Eindruck einer trüberen Zeit als der Sommer, weil dieser mehr halb- und drittelbewölkte, jener ganz bewölkte Tage hat. Wenn der Athener einen Himmel über sich hat, der im ganzen Jahre nur 17 Prozent Bewölkung hat, während der deutsche Winter 70—80 Prozent zeigt, so bedeutet dies sicherlich einen großen Unterschied in der Stimmung und daraus folgend in der geistigen Äußerung. Die Architektur entwickelt sich anders, wo ihre Werke vor einem klaren blauen Himmel stehen, als unter einem Himmel voll tiefhängender Wolken. In dem feuchten Lagunenklima Venedigs, dessen Himmel oft dünn verschleiert ist, haben die Maler die Luftperspektive gefunden, die dann in dem ebenfalls dunstreichen Holland vervollkommnet worden ist. Die Polarnacht bleicht den Menschen hellerer Himmelsstriche, bringt Schlafsucht im Wechsel mit Schlaflosigkeit, Abspannung, Appetitlosigkeit, endlich geistige Erschlaffung. Die Führer der Polarexpeditionen haben mit allen Mitteln gerade der Entmutigung vorzubeugen gesucht, die bei ihren Mannschaften Platz greifen wollte.

Zonenunterschiede im Völkerleben.

Wärme, Feuchtigkeit und Luftdruck stufen sich zonenförmig ab, also werden auch ihre Wirkungen in Zonen auftreten. Bei Erwägungen darüber darf man indessen nicht außer acht lassen, daß auch andere Ursachen ethnischer und kulturlicher Unterschiede zonenförmig gelagert sind; deren Wirkungen können also leicht mit klimatischen verwechselt werden. In der Völkerverbreitung gilt das von dem größten Rassenunterschied zwischen den dunkeln Menschen des Südens und den hellen Menschen des Nordens, der in den Negern und den Blonden gipfelt. Daß in Italien dunkelhaarige und dunkeläugige, kleingewachsene, lebhafte, zum Teil langschädelige Menschen wohnen, ist nicht als eine Folge des Klimas anzusehen, sondern es hängt

damit zusammen, daß die Gebiete der dunkeln Rassen überhaupt im Süden der Erde, die der hellen im Norden liegen. Niemand wird dem zwischen Norden und Süden im Grunde so ähnlichen Klima Deutschlands die Kraft zutrauen, helle Menschen im Süden in dunkle, im Norden etwa dunkle in helle umzuwandeln, wohl aber fallen die unzweifelhaft vorhandenen klimatischen Wirkungen auf einen besonders günstigen Boden, der durch die Völkerverbreitung gleichsam vorbereitet ist. Es sind also Rassen- und Klimaunterschiede, die den Süddeutschen und Norddeutschen, den Südfranzosen und Nordfranzosen, den Süditaliener und Norditaliener trennen.

Die Tropenbewohner stehen insgesamt unter dem Einfluß der Wärme und Feuchtigkeit und der geringen Schwankungen beider. Zu den körperlichen Einflüssen des Tropenklimas, die wir bereits kennen gelernt haben, kommen seelische, die zum Teil eng mit den körperlichen zusammenhängen. Erschlaffung der Willenskraft, Nachlassen der Arbeitslust, Steigerung des Ruhebedürfnisses, besonders in den heißen Tagesstunden, sind ihre Folgen. Mittelbar wirkt dazu noch der Reichtum des Naturlebens, der leichte Erwerb von Nahrung und Kleidung. So entsteht ein eigentümlicher Charakter, den wir bei den verschiedensten Völkern in den Tropen oder in warmfeuchten Subtropengebieten finden. Je weiter wir von den warmen Ländern der Erde zu den kalten fortschreiten, desto schwerer lastet das Klima auf dem Leben, zu desto energischeren Anstrengungen ruft es die Thatkraft des Menschen auf. Die gemäßigten Zonen lassen dem Leben noch einen ziemlich weiten Spielraum: Zeugnis dafür die Mannigfaltigkeit in der Größe des Pflanzenwuchses, in den Vegetationsformen, in der Lebensweise der Tiere und Menschen. Alles das nimmt polwärts ab. Die lebensfeindlichen Einflüsse werden immer stärker, bis ihnen endlich nur noch wenige kleine Lebewesen standhalten, die äußerst genügsam sind.

Der wirkliche warme Sommer allein, wenn auch nur von 1—2 Monaten Dauer, dessen auch die nördlichsten unter den arktischen Ländern sich erfreuen, bietet diesen die Möglichkeit, den Menschen zu ernähren, was den fast überall mit Eis und Schnee bedeckten Inselländern der Antarktis versagt ist. Das bedeutet für die Menschheit im ganzen die Bereicherung durch die hyperboreischen Lebensformen der Walroßjäger, Renntiernomaden und Pelztierfänger. Wieviel angeborene Fähigkeiten vermögen, um Völkern auch in diesen Breiten ein erträgliches Leben zu bereiten, zeigen die Eskimo. Ungleich einigen Hyperboreerstämmen Nordasiens sind diese Bewohner der Küsten und Inseln des nördlichsten Nordamerika ausgezeichnet durch die Mannigfaltigkeit ihrer Waffen und Werkzeuge und die sinnreiche Art ihrer Jagd und Fischerei, ihrer Hausbauten und Trachten. Ohne Metalle, haben sie die denkbar höchste Stufe in der Verarbeitung von Holz, Knochen und Stein erstiegen. Und dabei haben sie ihre Sitze wenigstens vorübergehend bis über den 82. Grad nördl. Breite vorgeschoben.

Sicherlich spielen auch kleinere Wärmeunterschiede eine Rolle im Leben von Völkern, die in den gemäßigten Zonen hart nebeneinander wohnen und sogar demselben Stamm angehören; man darf nur nicht allzu bereitwillig jede Verschiedenheit zwischen Nord- und Südstämmen gleich dem Klima zuschreiben wollen. Es wird viel Wesens gemacht aus der „sonnigen" Natur des Südgermanen und dem „umnebelten" Trübsinn des Nordgermanen. In Wirklichkeit findet man nur einen klimatischen Einfluß in der Arbeits- und Lebensweise, die auch schon bei einem geringen Unterschied der mittleren Jahreswärme sich sehr verschieden gestaltet. Ohne Frage ist dem Neapolitaner bei 16° Jahreswärme das Leben leichter als dem Lombarden bei 12—13°; schon dem Schotten ist unter 8° Jahreswärme das Leben nicht so leicht wie dem Engländer unter 10°. Ähnliche Unterschiede kehren in Osteuropa zwischen den Groß- und Kleinrussen wieder. Die Lebensweise des Nordländers ist fast immer häuslicher, umsichtiger, sparsamer als die des Südländers. Er ist nicht mäßiger als dieser, aber er muß seine Genüsse teurer bezahlen. Der Südländer kann sich in günstigen Umständen mehr gehen lassen, braucht nicht ebensoviel zu arbeiten, nicht so peinlich für schlechte Zeiten vorzusorgen;

aber anderseits ist er in minder günstigen Verhältnissen bei seiner billigeren Ernährung schlechter bezahlt, und dies zusammen mit der ihm eigenen Sorglosigkeit macht im allgemeinen das Leben leichter, drückt aber auch die Leistungen herab. Vor allem entwickeln sich unter solchen Verhältnissen nicht die kraftvollen, zusammengefaßten und selbstbewußten Persönlichkeiten, die bei Nordvölkern auch in den untersten Schichten nicht fehlen, viel eher kommt jene Nivellierung nach unten zu stande, die der ganzen Gesellschaft einen gemeinsamen Zug von Schlaffheit und Sorglosigkeit verleiht. Man sagt, dem Südaraber fehle die Würde des Arabers von Nedschd oder von Damaskus, auch der Südchinese und vor allem der Kantonese gilt für leichtlebiger als der Nordchinese.

Die Beherrschung der Bewohner der wärmeren Teile eines Landes durch die Bewohner der kälteren ist eine allgemeine Erscheinung, und so auch der Ausgang der Staatengründungen von diesen. An die Stellung Macedoniens zu Griechenland, Preußens zu Deutschland, Nordfrankreichs zu Südfrankreich, an die Rolle, welche die Nordspanier in den Maurenkriegen oder die Norditaliener in Mittel- und Süditalien gespielt haben, ist nur zu erinnern. So sind die Chinesen von den Mandschu, die Inder von den Mongolen unterworfen worden, und die Kaffernstämme dringen erobernd aus dem gemäßigten nach dem tropischen Afrika vor. Und nicht bloß der Vorteil der Gestähltheit ist auf seiten der aus kühleren Klimaten Kommenden, sondern es haben auch darin die Völker kälterer Klimate sicherlich großen Vorzug vor denen wärmerer, daß sie im stande sind, zu der körperlichen Kraft und der Stählung und Energie des Geistes, die ihnen eigen sind, sich noch die feinere Kultur anzueignen, die die letzteren entwickelt haben, während diese es nicht vermögen oder nicht die Neigung haben, umgekehrt zu tauschen; die ersteren sind also bei der Berührung bevorzugt.

Vedda mit Bogen. Nach „The Living Races of Mankind"; Hutchinson u. Co., London.

Klimatische Einflüsse im äußeren Leben der Menschen.

Das Klima beeinflußt vor allem die Kleidung des Menschen. Den nackten Tropenbewohnern (s. die obenstehende Abbildung) stehen die pelzbekleideten Völker hoher nördlicher Breiten gegenüber. Den starken Verbrauch von Pelzwerk in China, so wichtig für den Handel Chinas mit Nordasien, bedingt die Winterkälte Ostasiens, die größer ist als in dem entsprechend gelegenen

östlichen Nordamerika, wo indessen in dem nördlichen Teil der Vereinigten Staaten von Amerika auf Eisenbahnen und in Gasthaushallen die Öfen auch nur im Juli und August ruhen. In allen Ländern der gemäßigten Zonen haben sich besondere Trachten herausgebildet, die den ganzen Körper verhüllen (s. die nebenstehende Abbildung). Die leichte Bauweise der heißen Länder, die mehr Schutz gegen Regen als gegen Kälte sucht, geht polwärts in solidere Konstruktionen über. Nur in den kontinentalen Gebieten verbindet sich der Schutz gegen die Sommerhitze mit dem gegen Sturm in den Höhlenwohnungen und den massiven Stein- und Lehmhäusern (s. die Abbild., S. 541), wie man sie in den Hochländern Asiens und Amerikas trifft. Die Steppen der Alten Welt haben ihre Hirtennomaden, die unter leicht abgebrochenen Zelten wohnen. Auch der „Rancho-Man" der Steppe des nordamerikanischen Westens hat keine feste Wohnstätte, er wandert mit seiner Herde; und der Steppenfarmer wohnt nicht im Blockhaus, an das der Lichter des Waldes die Stämme verschwendet, sondern im Bretterhaus, das in der nächsten Stadt aus dünnen Planken gezimmert und bis auf den letzten Zapfen an den Ort der Siedelung transportiert wird. Sogar die Aneinanderreihung dieser vergänglichen Bauwerke ist klimatisch bedingt, denn wer hier künstliche Bewässerung braucht, ist an einen Wasserfaden gebunden, an dem auch andere sich anbauen, so daß ein langes Dorf entsteht, während im Regenlande die Farmen zerstreut liegen, wo Quellen springen.

Ein Indier aus Kaschmir. Nach Photographie.

Den Ackerbau schränken Wärme- und Feuchtigkeitsmangel oder zu große Feuchtigkeit ein, und sein Gebiet gliedert sich in wohlerkennbare Zonen, die wiederum klimatisch bedingt sind (s. die beigeheftete Kartenbeilage „Die Landbauzonen der außertropischen Länder"). Er gedeiht

DIE LANDBAUZONEN DER AUSSERTROPISCHEN LÄNDER

Nach Engelbrecht.

Arktisches Gebiet ohne Getreidebau.
I Arktische (bezw. antarkt.) Gerstenzone.
II Haferzone. (+++++ Nordgrenze frostempfindlicher Kulturen in Rußland.)
III Hochsteppen Inner-Asiens u. südruss. Steppengebiet.
IV Maiszone.
V Subtropische Gerstenzone.
VI Subtropische Zone der Baumwolle.
VII Subtrop. Zone des Zuckerrohrs.
VIII Tropische Zone.

Länge 0 v. Greenw.
Nördlicher Polarkreis
Wendekr. d. Krebses
Äquator
Wendekreis des Steinbocks
Juli +20° C.
Januar +20° C.

Bibliographisches Institut in Leipzig.

in den kontinentalen Steppen der Passatgürtel nur dort, wo Oasen sind, und geht, außer in Europa, polwärts nicht über die Polarkreise hinaus. Die westeurasischen Getreidearten Weizen, Roggen, Gerste und Hafer machen im östlichen Nordamerika unter dem Einfluß des kalten nordwestatlantischen Meeres schon bei 54° nördl. Breite Halt und erreichen den Polarkreis nur eben im heißsommerigen Inneren und im gemilderten Nordwesten; auf der Südhalbkugel gehen sie nicht einmal bis zum 50. Grad südl. Breite. Welcher Vorzug Eurasiens, daß in Nordeuropa der Ackerbau und alles, was sich auf ihn gründet, weit über den Polarkreis hinaus

Dorân mit dem Djemel Damagh, Arabien. Nach Photographie von Siegfried Langer. Vgl. Text, S. 540.

vordringt und sich auch in Nordasien bis zum Lenagebiet, wo die pacifische Abkühlung zu wirken beginnt, nördlich von 60° nördl. Breite behauptet! Der isländische Fischer oder Hirt baut Kartoffeln und Kohl, und dieser Anbau ist sogar im Aufschwung, während die Versuche, das nicht immer reifende Getreide zu bauen, vereinzelt bleiben müssen. Bei Jakobshavn (69° 15′) und Omenak (70° 40′) pflanzt man in Grönland noch Rüben, Radieschen, Kohl, Salat; in Norwegen werden Gerste und Roggen noch unter dem 70. Breitengrad gebaut, und 0,7 Prozent der Bodenfläche dienen hier dem Ackerbau, hauptsächlich dem Anbau des Hafers; dazu kommen aber 2,2 Prozent Wiesen. Der Weizenbau geht bis zum Drontheimer Fjord. Allerdings reicht die Getreideerzeugung Norwegens bei weitem nicht für den Verbrauch; Getreide, und zwar besonders Roggen, das Brotkorn der Norweger, ist der unbedingt wichtigste Gegenstand der Einfuhr Norwegens. Die Mais- und Reisländer und die Hirseländer legen sich äquatorwärts an die Gebiete der eben genannten Getreidearten an, die man westeurasische nennen kann; die

Gebiete der tropischen Wurzelknollen liegen im allgemeinen innerhalb der Wendekreise, wo auch Sago, Brotfrucht, Kokos- und andere Palmen gedeihen. Unzählige Variationen der Kulturpflanzen finden unter dem Einflusse kleinerer, oft unmerklicher klimatischer Schwankungen in diesen Anbaugebieten statt; es sei nur an die Weinsorten erinnert, die allein der Boden Süd- und Mitteleuropas hervorbringt.

Die Ernährung der Menschen kann in warmen Ländern mit geringeren Nahrungsmengen sich begnügen und eiweißärmer sein; nach Rubners Untersuchungen wird die Wärmeerzeugung im tierischen Körper am meisten durch Eiweiß, am wenigsten durch Fett gesteigert. Der Thrangenuß der Eskimo ist also nicht, wie man geglaubt hat, einfach als Brennstoffzufuhr zu betrachten, wohl aber gehört der Alkohol zu den Mitteln, womit vorübergehend das

Ein kabylischer Ackerbauer, Nordafrika. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 543

Kältegefühl vermindert wird; man begreift die Möglichkeit seines Verbotes in den mohammedanischen Ländern, die großenteils in wärmeren Zonen liegen.

Die Arbeitsleistung hängt von der körperlichen Leistungsfähigkeit der Völker, aber auch von seelischen Eigenschaften ab, die sich bei einigen als Arbeitsfreudigkeit, bei anderen als vollkommene Arbeitsunlust äußert. Daher haben wir überall Arbeitsvölker, die manchmal sogar über weite Gebiete hin mitten unter anderen thätig sind und durch Länder und Meere wandern. Indem aber das Klima die Arbeitsweise und Arbeitsleistung beeinflußt, ruft es große Unterschiede der gesellschaftlichen Verhältnisse hervor. Für den Menschen zieht die Isotherme des kältesten Monats von 17 oder 18° die Grenze tropischen Lebens und tropischer Wirtschaft polwärts. Jenseit dieser Temperatur ist nicht mehr die Wärme, sondern die Feuchtigkeit für das Gedeihen der Pflanzen und für die Arbeitsleistung, vor allem des Ackerbauers, entscheidend. Die Arbeit kann an sich noch möglich sein, die spontane Arbeitslust sinkt in allen feuchtwarmen Klimaten von 20° aufwärts rasch; Temperaturen von 25° wirken bei 60 Prozent Luftfeuchtigkeit unmittelbar erschlaffend. In den Tropen läßt daher die Energie und Ausdauer des Willens nach, und um große Leistungen zu erzielen, müssen Arbeiter aus kühleren Klimaten oder

gegen tropische Einflüsse stumpfere, wie die Neger, eingeführt, oder es muß wenig Arbeit von vielen geleistet werden; aber auch diese wird nicht immer freiwillig gethan, da ja die tropische Natur mit ihren Früchten und der Entbehrlichkeit kostspieliger Wohnräume und Kleider die Fristung des Lebens ungemein leicht macht. Die warmen Länder sind daher die Gebiete, wo alle Systeme der Zwangsarbeit, sei es Sklaverei, Leibeigenschaft oder das Kulisystem, sich am längsten erhalten und in den verschiedensten Formen wieder auftauchen. Freie Arbeiter sind in tropischen Ländern schwer zu haben, müssen teuer bezahlt werden, wenn ihnen, wie z. B. beim Holzfällen, schwere Arbeit zugemutet wird, und sind aus manchen Völkern überhaupt nicht zu gewinnen. Die Beispiele sind zahlreich, daß tropische Kulturen aufgegeben werden mußten, weil keine Arbeiter dafür zu finden waren. Der Rückgang der Produktivität großer Tropengebiete, wie Santo Domingo und Haïti, Jamaika, führt wesentlich auf die Abneigung der dortigen Neger und Mulatten, Nachkommen befreiter Sklaven, gegen die Feldarbeit zurück. Übrigens darf auch die Behinderung der Arbeit im Freien durch andauernde Regengüsse nicht übersehen werden. In den kalten Ländern hemmt das Klima, besonders durch Kälte und lange Wintersnacht, die Arbeit im Freien, und die Hausarbeit oder auch das Nichtsthun tritt an ihre Stelle; auf diese Art sind die Länder des hohen Nordens in Europa und die Gebirgsländer die Stätten, wo die Hausindustrie auch heute noch der Fabrikindustrie gegenüber standhält.

Durch den Einfluß auf die Arbeitsweise bestimmt das Klima auch die Verteilung des Grundbesitzes. Zwangs- und Massenarbeit führt zu großen Komplexen, die dem Großbetrieb entsprechen; wo dagegen das Klima die Arbeit des einzelnen Bauern begünstigt, kann, wenn nicht andere Mächte eingreifen, der mittlere und kleine Grundbesitz sich entwickeln und erhalten.

Im Süden Nordamerikas entstand der Großbetrieb der Landwirtschaft in der damals üblichen Form der Plantage und die darauf begründete Pflanzeraristokratie durch das den begehrtesten Artikeln, wie Tabak und Baumwolle, günstige Klima und den Überfluß an Boden. Wir haben unter ganz anderen Bedingungen im Nordwesten Nordamerikas den Großbetrieb des Weizenbaues einziehen sehen, aber dort hat damit nur die Billigkeit des Bodens und die natürliche Eignung des Steppenlandes zur Bearbeitung im großen zu thun; das Klima würde den Ackerbau in europäischem Stile zulassen und begünstigt nur die Arbeit auf den großen „Bonanza Farms“ insofern, als der steppenhafte Wechsel zwischen Mißwachs und Fruchtbarkeit, die Heuschreckenplagen u. a. den kleinen Mann schwerer treffen als den, der mit großen Kapitalien Weizen „fabriziert“. Auch die Anlagen für künstliche Bewässerung kann der Besitzer großer Ackerländer leichter schaffen als der kleine Farmer, da sie Kapital und zusammenhängenden Landbesitz erfordern. Im Steppengebiet Nordamerikas begünstigt dann auch noch jene leichte Schattierung des Steppenklimas, die in der Regenarmut des Spätsommers liegt, den Weizen mehr als anderes Getreide, da Reife und Ernte so glücklich verlaufen, daß sie die besten Körner der Welt erzeugen.

Von der Menge der Niederschläge hängt die Größe der Anbaufläche, von ihrer jahreszeitlichen Verteilung hängen die Zeiten des Säens und Erntens ab. Länder mit Regen zu allen Jahreszeiten haben das ganze Jahr Wachstum, in Ländern mit ausgesprochenen Regen- und Trockenzeiten bedeutet die Trockenzeit für den Ackerbauer Ruhe, wie anderswo der Winter. Wärmegrenzen der Vegetation kann die Akklimatisation verschieben, Niederschlagsgrenzen aber sind und bleiben im ganzen und großen dieselben, und die Grenze zwischen Anbauflächen und Wüsten schwankt selbst in den Jahrtausenden Ägyptens nur um einen kleinen Betrag. Das Atlasland Nordwestafrikas mit mittelländischem Winterregen ist heute wie im Altertum das einzige Gebiet Nordafrikas mit europäischem Anbau (s. die Abbild., S. 542). Der Zensus von 1890 zeigt, daß in den Vereinigten Staaten von Amerika drei Viertel der Bevölkerung in Gebieten mit 750 bis 1250 mm jährlichem Niederschlag wohnen, und daß die größte Volksdichte dort herrscht, wo west- und mitteleuropäische Regenmengen von 1000—1250 mm vorkommen. In den Gebieten des

dürren Westens, wo weniger als 500 mm fallen, und die sechsmal so groß als Deutschland sind, wohnten 1890 nur 3 Prozent der ganzen Bevölkerung. Dieselbe Regenmenge, 400—500 mm, bei der auch in Indien nur mit Hilfe künstlicher Bewässerung Ackerbau möglich wird, ist erforderlich, um dem Boden regelmäßige Erträge abzugewinnen. Nur in dem Grenzgebiet zwischen Regen- und Trockenland, wo zusammen mit (in der Regel) genügenden Niederschlagsmengen der klare Steppensommer die besten Weizenernten gibt, ist in einem Streifen von Dakota bis Texas die Bevölkerung rasch angewachsen. Aber gerade in solchen Gegenden zeigt sich die Unregelmäßigkeit der Niederschlagsmengen als eine schwere Gefahr. Die Niederschläge sind von allen klimatischen Erscheinungen die unberechenbarsten. In allen Ländern des pontisch-pannonischen

Ein Malakkadorf bei Naukauri-Hafen. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 545.

Klimas kehren gegendenweise Mißernten des Getreides infolge von ungenügenden Niederschlägen alle paar Jahre wieder. In größeren Zwischenräumen breiten sie sich über weitere Gebiete aus, wo Hungersnot und Seuche ihnen folgen; die Lähmung des Handels und Wandels erstreckt sich dann weit über die heimgesuchten Striche hinaus.

Infolge der Mißernte von 1899, die besonders durch einen schneearmen Winter hervorgerufen wurde, führte Odessa in diesem Jahr weniger als die Hälfte des Getreides wie in früheren Jahren aus. 200 Getreidehändler und Kommissionäre stellten ihre Thätigkeit ein, Stauer und Hafenarbeiter waren auf die öffentliche Armenpflege angewiesen. In einem kleineren Land, wie Rumänien, das fast nur landwirtschaftliche Erzeugnisse ausführt, wird durch einige aufeinanderfolgende Trockenjahre mit Mißernten der Staatshaushalt vollständig in Unordnung gebracht.

Die geographische Verteilung der Niederschläge bewirkt die Verbreitung des Waldes und der Steppe, also der für den Menschen wichtigsten, seine ganze Geschichte tief beeinflussenden Vegetationsformen. Damit teilt sie landschaftlich die Länder in dunkle und lichte, grüne und gelbe Flächen, kulturlich in schützende, aber dem Menschen, solange er nicht gegen sie ankämpft, nur engen Raum gewährende, und in offene, freie, wo der Mensch fast ungehindert zu

wandern vermag. Für den Ackerbau haben die Steppen den Vorteil, daß sie nicht gelichtet werden müssen, aber den Nachteil der unzulänglichen oder unregelmäßigen Niederschläge. Es gibt ausgedehnte Gebiete, die zwar in der Regel hinreichende Niederschläge empfangen, doch nicht gerade in der Zeit, wo z. B. das Getreide sie braucht, oder überhaupt nicht ausreichend. Starke Niederschläge, die den Boden feucht halten, sind wohl die Hauptursache, daß in tropisch-feuchten Ländern Wohn- und Vorratshäuser auf Pfähle gestellt werden (s. die Abbildung, S. 544, und die untenstehende). Selbst die Zeit und Höhe, in der die größten Schneemengen fallen, die im nächsten Sommer die Bewässerungsbäche speisen werden, üben einen großen Einfluß auf den Landbau: später Schnee kommt ihm in größerem Maße zu gute als früher, der langsam verdunstet.

Eine Reisscheuer auf Borneo. Nach W. Kükenthal.

Gerade durch den Landbau gewinnen klimatische Unterschiede von kleinem Betrage Einfluß auf das Leben der Menschen. Ihre Ursachen sind manchmal kaum zu bestimmen, aber ihre Wirkungen sind zu greifen. Die vorzüglichsten Weizenernten hängen von Niederschlägen zu bestimmten Zeiten vor der Blüte und von sonnigen Tagen während der Reife ab. Der Reif, klimatologisch an sich wenig bedeutend, wird als Beschädiger der Obst- und Weinstockblüten ein gewaltiger Feind des Landmannes; selbst in tropischen Stufenländern ist die Reiffreiheit des Klimas eine wichtige Frage, besonders für den Kaffeebau. Sie hängt nicht von der Seehöhe, sondern von der mehr oder weniger offenen Lage ab. Das Gedeihen des Weinstocks fordert längere Trockenzeit im Sommer, wechselnd mit Regen, und einen warmen Herbst; der nasse Sommer schließt ihn aus dem Osten Nordamerikas aus, nur in Kalifornien scheint er, und mit ihm der Ölbaum, so fröhlich wie in Südeuropa zu gedeihen. Nur der in der Regel geringe Schneefall in den Steppen gestattet den Tieren, von den im Sommer zu natürlichem Heu verdorrten Gräsern im Winter noch Nahrung zu gewinnen, wogegen tiefer Schnee Hunderttausende zum Verhungern bringt und Schnee mit einer Eiskruste, durch welche die Tiere einbrechen, den Tod vieler durch Verletzung der Füße herbeiführt.

Das Tages- und Jahresleben.

Die **Zeitrechnung** bedeutet die Regelung und Gliederung des menschlichen Lebens durch die Sonne; der Tag ist seine Arbeitszeit, die Nacht seine Ruhezeit. Je länger also der Tag, desto

länger kann der Mensch im Freien arbeiten; die langen Nächte des Winters höherer Breiten zwingen ihn zur Ruhe, und in derselben Zeit begräbt der Schnee in den Ländern des kalten gemäßigten Klimas seine Felder unter seiner weißen Decke und unterbricht dadurch die Feldarbeit. Der Wechsel der Jahreszeiten bedeutet für den Menschen Säen und Ernten, Leben im Freien und in geschlossenen Räumen, Überfluß und Mangel. Auch andere Thätigkeiten teilen die Jahreszeiten: die Jagd, der Fischfang hängen von jahreszeitlichen Wanderungen der Tiere ab. Die Griechen machten ihre Seefahrten in der Sommerzeit, wo die zuverlässigen Nord- und Ostwinde über das Mittelmeer wehten, und ruhten im Winter, welcher die Zeit der stürmischen Westwinde ist. Den Einfluß des Jahreszeitenwechsels auf die Seele der Menschen hat schon Schiller in seinen Betrachtungen über naive und sentimentale Dichtung hervorgehoben, wo er sagt, die Natur scheine mehr den Verstand als das moralische Gefühl des Griechen interessiert zu haben; „er hängt nicht mit Innigkeit und süßer Wehmut an derselben wie der Neuere". Sicherlich hat das Hinsterben der Natur im Herbst, ihr Schlaf unter dem Leichentuch des Schnees und ihr Wiedererstehen im Frühling die unerschöpflichsten Motive für Betrachtungen und Gesänge vor allen den deutschen und slawischen Dichtern geboten. Wir möchten jedoch nicht die Wurzel des Naturgefühls in solchen Unterschieden suchen, die ja in anderen Zonen noch schärfer sind. Der Monsunwechsel in Indien ist eine eindringlichere Jahreszeitenscheide als bei uns Frühling oder Herbst, auch die Regenzeit zaubert dort Leben in der Natur hervor und bezeichnet zugleich im Leben des Menschen die Ruhezeit und das Zurückziehen ins Innere des Hauses; daher prägt sich diese Zeit des Jahres tiefer in den Sinn des Inders ein, und er nennt das Jahr Regen = varsha, wie wir Winter oder Lenz statt Jahr setzen. Aber die Monsunregen sind dort unentbehrliche Bringer der Fruchtbarkeit, deren Ausbleiben Not bedeutet, und aus diesem Grunde wird die Regenzeit noch viel freudiger begrüßt als irgendwo der Frühling.

Klimagebiete.

Länder von kontinentaler Ausdehnung haben auch Klimaunterschiede von kontinentaler Größe. Mittel- und Westeuropa sind nur ein Klimagebiet, Rußland hat in Europa ein arktisches, ein atlantisch-kontinentales gemäßigtes und ein Steppenklima; in den Vereinigten Staaten von Amerika ist die Mannigfaltigkeit noch größer durch das Hereinragen des tropischen Klimas an der Golfküste, durch die Ausbildung eines Klimas von mittelmeerischem Typus in Kalifornien und durch das Wüstenklima im Hochland des Westens. In den weiten Räumen kommen auch die Klimate zu freierer und extremer Ausbildung, größere Gegensätze treffen aufeinander, auch einzelne Erscheinungen erhalten jenen großen kontinentalen Zug, den uns die Kältewellen und die Wirbelstürme Nordamerikas zeigen. So nehmen dann auch die vom Klima unmittelbar abhängigen Thätigkeiten der Menschen entsprechende Dimensionen an, zerlegen das ganze Land politisch und wirtschaftlich in zwei große Teile, wie zur Zeit der Sklaverei Nordamerika nur die Unterschiede Nord und Süd kannte, und wie nun an dessen Stelle der Gegensatz zwischen Ost und West, feuchtem und trockenem Land getreten ist. Die Art, wie die Klimaunterschiede gelagert sind, übt einen großen Einfluß auf den Völkerverkehr, denn die Erzeugnisse und Bedürfnisse der Menschen wechseln mit dem Stande der Sonne. Je dichter die Abstufungen des Klimas bei einander liegen, desto lebhafter wird der Austausch ihrer Erzeugnisse. Die Nähe der nordischen Erzeugnisse Nordamerikas, besonders des Holzes, Teeres, Getreides, bei den blühenden Plantagenkolonien Westindiens war einer der Gründe des frühen und großen Gedeihens der Kolonien, aus denen die Vereinigten Staaten von Amerika hervorgegangen sind.

Seitdem große Menschenanhäufungen im Norden Nordamerikas entstanden sind, kommt ein ganz anderer Vorzug des Südens zur Geltung: Virginien, Nord- und Südkarolina liefern um einige Wochen oder Monate früher das Obst und Gemüse für die Tische der Nordländer. Nicht zu unterschätzen ist auch die Nähe des milden Klimas des Südens und seiner klimatischen Kurorte bei den Städten des Nordens: man fährt in einer Nacht von New York nach Charleston, und die noch 200—300 km näher bei New York gelegene Küste von Nordkarolina wird allmählich ein klimatisches Zufluchtsland für die vom rauhen Winter geplagten Bewohner der Nordstaaten.

In solchen Unterschieden nur Gegensätze und Zerklüftung sehen zu wollen, wäre ein Irrtum; sie sind unter Umständen viel mehr geeignet, die verschiedenen Landschaften aufeinander anzuweisen. Schon Haxthausen hat Rußlands staatliche Einheit naturnotwendig genannt, weil die vier großen natürlichen Abteilungen des Reiches nicht ohne einander leben können. Der rauhe Waldgürtel des Nordens, der wenig fruchtbare, aber gewerbreiche mittlere Landstreifen von Smolensk bis zum Ural, das getreidereiche Land der schwarzen Erde und endlich die Steppen des Südostens — sie sind für die ersten Bedürfnisse des Lebens aufeinander angewiesen und stehen nicht in zufälligem, sondern notwendigem Austausch und Verkehr. „Würden sie voneinander getrennt sein, so ist es fraglich, ob sie schon heute die Empfindung der Zusammengehörigkeit in solcher Stärke hätten, daß sie dadurch zu engerer Vereinigung getrieben würden, aber es ist nicht fraglich, daß der Trieb dazu vorhanden wäre und zu irgend einer Zeit sein Ziel erreichen würde" (Haxthausen).

Winde und Stürme.

Wie **Winde** und Strömungen den Verkehr der Menschen von Gestade zu Gestade fördern, haben wir gesehen (s. oben, S. 289 u. f.). **Stürme** unterbrechen das ruhige Leben und Thun der Menschen; als flutenergießende Gewitter, die durch die Lufterschütterung der Kanonade ausgelöst werden, rufen sie aber auch männermordenden Schlachten Halt zu. Die rauhen Winterstürme aus Osten zwingen selbst den japanischen Seefahrern im Japanischen Meer eine jährlich wiederkehrende Winterruhe auf, und im Ägäischen Meer liegen die Schiffe jetzt, wie zur Zeit der alten Griechen, des Winters in den Häfen und erwarten den Sommer mit seinen zuverlässigen Nordwinden. Den Taifunen des westlichen Stillen Ozeans, den Mauritiusorkanen und anderen Drehstürmen suchen selbst die größten Schiffe aus dem Weg zu gehen. Die Verheerungen durch **Wirbelstürme** treffen oft gerade die Werke der Menschen am stärksten (vgl. die Abbildung, S. 445). Von den niedrigen Inseln Ozeaniens schwemmen Fluten, die von den Südweststürmen aufgeregt werden, ganze Dörfer und Pflanzungen weg; daß Kokospalmen zu Tausenden abgebrochen werden, ist nicht selten. In den Vereinigten Staaten von Amerika wurden in den Jahren 1890—93 durchschnittlich 258 Menschen durch Sturm, 196 durch Blitzschlag getötet. In den Tropen wirkt die plötzliche Temperaturerniedrigung der Gewitterstürme verderblich auf die Menschen ein; die Katastrophe, die Zintgraffs Bali-Expedition im Kamerun-Hinterland in 1550 m Höhe ereilte, war zuerst durch ein Hagelwetter mit Herabsinken der Temperatur auf 6° verursacht worden, bei dem ein Teil seiner Mannschaft an Kälte starb. In den warmen Erdstrichen treten überhaupt Hagelstürme mit gewaltigen Verwüstungen auf; bei einem Hagelsturm in Indien gingen 1870 an einem Orte 230 Menschen zu Grunde, teils erschlagen, teils erfroren.

Die **Schneestürme** der Steppen und Tundren sind Wirbelstürme, die mit großer Kälte auftreten, aber häufig Vorboten von Tauwetter sind. Sie dauern oft mehrere Tage, unterbrechen allen Verkehr, da gegen ihr Wehen nicht anzukommen ist, und fordern viele Opfer

Menschen und Tiere verlieren ihr Orientierungsvermögen; jene erfrieren nicht selten ein paar Schritte von ihrer Wohnung, die sie nicht mehr erreichen können. Allwinterlich richten diese Stürme in den Herden der Steppenhirten Verwüstungen an. In den Steppen Südrußlands und Sibiriens nennt man diese Stürme Baran oder Purga, unterscheidet sie aber als „Baran von unten" von den Stürmen, bei denen Schnee fällt. Diese hält man nicht für gefährlich, wohl aber jene, die den harten Schnee aufwühlen und die Luft mit scharfem Eisstaub füllen. Ähnliche verderbliche Wirkungen bringen auch die Nordstürme (Nortes) der Steppen Nordamerikas und die aus Südwesten wehenden Pamperos Argentiniens durch den Staub und den Sand hervor, womit sie Länder einhüllen und bedecken. Wenn der Tafelberg sich mit der Wolke bekleidet, die man dort sein Tischtuch oder Tafeltuch nennt (vgl. die Abbildung, S. 477), schließen die Bewohner der Kapstadt ihre Thüren und Fenster, denn es droht der mit Staub beladene stürmische Südostwind. Nicht durch Verschüttung im Sand, sondern durch Erschwerung des Atmens gefährden die Sandstürme das Leben der Wüstenwanderer. Wie der Schiffer den Taifun, so fürchtet die Wüstenkarawane die Wege der Staub- und Sandstürme. Obrutscheff erzählt, daß zwischen Turfan und Chami der chinesische Weg einen großen Bogen in die Berge macht, um Schutz gegen die verwüstenden Steppenstürme zu finden.

Die krankheiterregende Wirkung heißer und feuchter Winde tritt schon beim Föhn in leichtem Maße hervor, der vielen Menschen Schlaffheit und Kopfschmerzen bringt. Empfindliche Naturen leiden in unserer Zone überhaupt unter jedem Südwind. Im trockenen Westen der Vereinigten Staaten von Amerika ist der niederdrückende Einfluß des Südwindes gefürchtet, und wenn er plötzlich aus einem kalten Nordwind (s. oben, S. 460) umschlägt, bekommen manche Schwindel und Erbrechen. Ähnliche Wirkungen schreibt man im Inneren Südafrikas den feuchtheißen Nordwinden zu. Auch in den Pampas von Argentinien ruft der Nordwind, dort Sondo oder Zonda genannt, dieselben Wirkungen hervor wie der Scirocco: Erschlaffung, Kopfschmerz, sogar Migräne und Neuralgien. Wo der Passat weht, auf der Nord- wie auf der Südhalbkugel, ist er Gesundheitbringer. Trocken und kühl, erfrischt und stärkt er; nicht bloß die Menschen, auch die Pflanzen und Tiere empfinden ihn, leben unter seinem Anhauch auf. Die ihn unterbrechenden Südwinde wirken auf die Hawaïer wie der Scirocco auf den Italiener, und sie nennen sie geradezu „kranke Winde". Die Inseln des östlichen Stillen Ozeans sind gesünder als die des westlichen, weil sie stärker vom Passat bestrichen sind. In den Golfstaaten Nordamerikas haben nicht selten Nordstürme ein Nachlassen des Gelben Fiebers bewirkt, und die Gesundheit der höheren Steppengebiete des nordamerikanischen Westens schreibt man zum Teil auch den starken Steppenwinden zu, die jedenfalls keine drückende Luft aufkommen lassen.

III. Das Leben der Erde.

1. Biogeographie.

A. Die Lebenshülle der Erde.

Inhalt: Die allgemeine Biogeographie. — Die Allverbreitung des Lebens an der Erdoberfläche. — Die Einheit des Lebens. — Die Entwickelung der organischen Stoffe. — Pflanze, Tier und Mensch.[1]

Die allgemeine Biogeographie.

Wiewohl viele es anerkennen und aussprechen, daß das Leben auf der Erde eines sei, wird doch in der Geographie herkömmlicherweise die Verbreitung der Pflanzen, der Tiere und des Menschen in der Pflanzengeographie, Tiergeographie und Anthropogeographie getrennt behandelt. Und doch hat schon Alexander von Humboldt im „Kosmos" die Grundzüge einer „Geographie des Organisch-Lebendigen" gezeichnet, worunter er Pflanzen- und Tiergeographie verstand. Darwin hat in den wichtigen Kapiteln XII und XIII des „Ursprunges der Arten" ebenfalls die geographische Verbreitung der Pflanzen und Tiere zusammengefaßt. Auch ist seit L. Agassiz oft auf Übereinstimmungen in der Verbreitung des Menschen und der der Pflanzen und Tiere hingewiesen worden. Ich selbst habe meine Anthropogeographie auf der tellurischen Einheit des Lebens aufgebaut und besonders im 2. Band derselben die Notwendigkeit einer hologäischen Auffassung des Lebens zu begründen gesucht. Aber wenn wir in der geographischen Litteratur uns nach den Werken umsehen, in denen die Verbreitung des Lebens auf der Erde geschildert wird, da finden wir immer nur pflanzengeographische, tiergeographische, anthropogeographische. Und ebenso war es bis vor kurzem in den Hand- und Lehrbüchern der Geographie. Hermann Wagner und Alfred Kirchhoff haben es zuerst versucht, jener im „Lehrbuch der Geographie", in dem Abschnitt „Biologische Geographie", 1900, dieser in der dritten Abteilung des ersten Bandes der allgemeinen Erdkunde (Pflanzen- und Tierverbreitung) 1899, die Verbreitung des pflanzlichen und tierischen Lebens auf der Erde im Zusammenhang zu behandeln.

Jene Trennung war nicht bloß eine einfache Zerteilung eines von der Natur gegebenen Ganzen und Zusammengehörigen, sondern ein Übersehen der gemeinsamen Lebenseigenschaften des Planeten. Sollten denn die tellurischen Merkmale der Pflanzenwelt weniger kenntlich sein

[1] Vgl. Bd. I, S. 351 u. f.: Die Lebensentwickelung auf Erdteilen und Inseln, S. 448 u. f.: Das Leben der Küste u. f., S. 504 u. f.: Die organische Erde u. f., S. 685 u. f.: Der Boden und das Leben; ferner Bd. II, S. 30 u. f.: Das Wasser und das Leben, S. 51 u. f.: Das Leben im süßen Wasser, S. 217 u. f.: Die Niederschläge auf dem Meeresboden, S. 502 u. f.: Das Klima und das Leben.

als die afrikanischen oder australischen? Oder werden sie nur übersehen, weil wir nicht im stande sind, ihnen die Merkmale entgegenzustellen, die ein anderer Planet seiner Lebewelt aufprägt? Wie nun auch die Pflanzen- und Tierkundigen diese Dinge behandeln mögen, für die Geographie ist die erste Thatsache der Biogeographie, daß alles Leben auf der Erde im tiefsten Grunde als eines lebt, ob es nun Pflanze oder Tier heißt, und daß der Mensch in allem, was an ihm körperlich ist, ganz und gar zu diesem Leben gehört. Die Fortschritte der drei biogeographischen Sonderwissenschaften haben nicht die Folge gehabt, die Verbreitung der Pflanzen, Tiere und Menschen immer mehr auseinanderzulegen, sondern sie haben sie vielmehr einander genähert, und die Wechselbeziehungen in der Verbreitung der drei Reiche treten zusehends klarer hervor.

Es gibt allgemeine Lebensbedingungen, die für Menschen, Tiere und Pflanzen aller Rassen und Arten gleich gelten, und alles Leben auf der Erde, zu welcher Klasse immer es gehöre, hat gemeinsame Schicksale im langen Lauf der Erdgeschichte erfahren. Ein reiner Felsenboden, ein vergletschertes Land, eine vollkommene Wüste sind für alle gleich ungünstig. Daneben gibt es aber ebensoviele Unterschiede der Lebensbedingungen als Rassen und Arten. Die Schaffung einer künstlichen Steppe im Herzen Deutschlands in Gestalt eines großen Truppenübungsplatzes vertreibt Waldpflanzen und schafft dafür fernherwandernden Steppenpflanzen günstigen Boden. Die Eiszeit vertrieb aus Mitteleuropa zahllose Pflanzen und Tiere und mit ihnen wohl auch den Menschen, wofür eine an arktische Lebensbedingungen gewöhnte neue Fauna und Flora einwanderte. Was für die einen Vernichtung bedeutete, begünstigte die Ausbreitung und Ansiedelung der anderen. Darunter ging aber immer ein mächtiger Strom allgemeiner Veränderungen einher, denn die Abkühlung des Klimas machte das Leben im allgemeinen viel ärmer, als es vorher gewesen war.

Es beruht nur auf einer mangelhaften Auffassung der tellurischen Beziehungen des Lebens, wenn man meint, die Biogeographie gehöre nur äußerlich mit der allgemeinen Geographie zusammen. Ich möchte nicht bei der Thatsache verweilen, daß das Leben in der engsten stofflichen Beziehung zur Atmosphäre steht, durch deren klimatisch verschiedene Zustände es auf das tiefste beeinflußt wird. Wir werden aber die Bedeutung der Raumfrage für das Leben kennen lernen; Raumerfüllung und Raumveränderung sind wesentliche Lebenseigenschaften. Müssen nicht gerade diese Gegenstand der geographischen Forschung sein, die sich in erster Linie mit Raumverhältnissen an der Erdoberfläche beschäftigt? Als Bewegung an der Erdoberfläche zeigt dann das Leben im ganzen und jede Gruppe und jede Form des Lebens Grenzen, die ebenso bei der Bewegung anderer Massen an der Erdoberfläche hervortreten. Das Leben verhält sich dabei gerade so wie Unorganisches, das vom Klima abhängig ist. Man mag die Firngrenze (unrichtigerweise Schneegrenze genannt) an einem Berge definieren, wie man will, es bleibt immer die Summe der Punkte, bis zu denen die von unten heraufwirkende Wärme die aus dem winterlichen Schnee entstandene Firndecke abgeschmolzen hat (vgl. oben, S. 319). Und ebenso setzt sich die Waldgrenze an demselben Berge aus allen den Punkten zusammen, bis zu denen der von unten heraufwachsende Wald vorzudringen vermag. Die Firngrenze ist eine anorganische, die Waldgrenze eine organische Erscheinung; das macht aber keinen Unterschied darin, daß beide durch den Stillstand einer Bewegung entstehen.

Entsprechend den zwei Hohlsphären, in denen sich Luft- und Wasserhülle um den festen Kern des Planeten legen, umgibt das organische Leben als Biosphäre in einer Schicht des Luftlebens und einer Schicht des Wasserlebens jene dritte Schicht, in der an und in dem Boden das Leben festeren Grund sucht. Das Leben in der Luft umgibt, wie die Atmosphäre selbst, den ganzen Erdkörper, das Leben im Wasser ist, wie das Wasser selbst, höchst ungleich verteilt. Und das Gleiche muß von dem Leben an der Erdoberfläche gesagt werden, das nur kräftig erblühen kann, wo diese Fläche für Sonne und Luft offen liegt. Das Leben ist also auf unserer Erde wesentlich eine Oberflächenerscheinung. Dabei ist das Wasser durch Zusammensetzung,

Auflösungsfähigkeit und Verhalten zur Wärme der Entwickelung des Lebens am günstigsten, während die Luft derselben am wenigsten entgegenkommt. Die Luft hegt Leben gewissermaßen nur leihweise, denn sie empfängt es von der Erde, die allein die Nährstoffe demselben darbietet; die Erde hegt das Leben in breiter, aber nicht tiefer Entwickelung, während die größte Lebenstiefe im Wasser zu suchen ist. So ist also im ganzen das Leben an der Erde eine Erscheinung der Erdoberfläche im weiteren Sinne, und, mit dem Erdball verglichen, ist es nur wie ein freundlicher Schimmer, den ein Sonnenstrahl auf einer dunkeln Kugel hervorruft.

Die Allverbreitung des Lebens an der Erdoberfläche.

So klein also auch bei einer umfassenden Betrachtung der Raum um uns liegt, in dem sich das Leben zusammendrängt, so groß erscheint uns wieder der Lebensbereich, wenn wir von einem Punkt auf der Erde in ihn hineinschauen; reicht er doch nach der Höhe wie nach der Tiefe so weit über unseren eigenen Lebensraum hinaus. Wir erinnern uns an jene große Schilderung Alexander von Humboldts in den „Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse“, die den zweiten Band der „Ansichten der Natur“ eröffnet: „Wenn der Mensch mit regsamem Sinne die Natur durchforscht oder mit seiner Phantasie die weiten Räume der organischen Schöpfung mißt, so wirkt unter den vielfachen Eindrücken, die er empfängt, keiner so tief und mächtig als der, welchen die allverbreitete Fülle des Lebens erzeugt. Überall, selbst nahe an den beeisten Polen, ertönt die Luft von dem Gesang der Vögel wie von dem Summen der Käfer. Nicht die unteren Schichten allein, in welchen die verdichteten Dünste schweben, auch die oberen, ätherisch reinen, sind belebt. Denn so oft man den Rücken der peruanischen Kordilleren oder, südlich vom Leman-See, den Gipfel des Weißen Bergs bestieg, hat man selbst in diesen Einöden noch Tiere entdeckt. Am Chimborazo, fast 8000 Fuß höher als der Ätna, sahen wir Schmetterlinge und andere geflügelte Insekten. Wenn auch, von senkrechten Luftströmungen getrieben, sie sich dahin als Fremdlinge verirrten, wohin unruhige Forschbegier des Menschen sorgsame Schritte leitet, so beweist ihr Dasein doch, daß die biegsamere animalische Schöpfung ausdauert, wo die vegetabilische längst ihre Grenze erreicht hat. Höher als der Kegelberg von Teneriffa, auf den schneebedeckten Rücken der Pyrenäen getürmt, höher als alle Gipfel der Anden, schwebte oft über uns der Kondor, der Riese unter den Geiern.“ Und ähnlich schrieb 1833 Darwin: „Wir können wohl behaupten, jeder Teil der Erde sei bewohnbar. Mögen es Salzseen sein oder unter Vulkanbergen hervortretende Mineralquellen, der weite Raum und die Tiefen des Ozeans, die oberen Regionen der Atmosphäre und selbst die Oberfläche des ewigen Schnees, in allen gedeihen organische Wesen.“

Die seit A. von Humboldt eigentlich erst geschaffene Wissenschaft von den kleinsten Lebensformen erlaubt uns, dieses Bild der Allgegenwart des Lebens noch weiter auszuführen. Denn wir wissen, daß die Luft, das Wasser und das feuchte Erdreich unzählbare Milliarden von kleinsten Lebewesen bergen. In anderer Richtung hat die Erforschung der Tiefsee ein reiches Leben nachgewiesen, wo man früher absolute Lebensunmöglichkeit annehmen zu dürfen glaubte: das ist am Meeresboden. Die größten Tiefen, die man im Meere gemessen hat, sind bewohnt. Es fehlt nicht an Leben in den dunkeln Höhlen; die Lichtlosigkeit läßt zwar nur chlorophyllfreie Pflanzen hier gedeihen, aber jede Klasse der Tierwelt ist in den Höhlen vertreten. Wir finden Fledermäuse, Vögel (der Nachtpapagei, Steatornis, Südamerikas), Amphibien, Fische, Heuschrecken, Käfer, Spinnen, Krebse, Asseln, Schnecken in den Höhlen. Höhlen in den Tropen sind voll Pflanzen, wo nur ein Lichtstrahl hinfällt. Selbst das Eis ist nicht absolut lebensfeindlich;

sogar das Inlandeis Grönlands trägt einen Anflug lebendiger Wesen in seinen Schneealgen (s. oben, S. 337). Auf Eisboden stehen ganze Wälder, und Firn und Gletscher sind von höheren und niederen Tieren bewohnt, die sich in wunderbarer Weise dieser Umwelt angepaßt haben.

Fassen wir das Leben an der Erde als ein Ganzes — wir mögen es Biosphäre nennen — so werden wir doch nicht übersehen dürfen, daß es große Unterschiede des Zusammenhanges und der Dichte zeigt. So wie der Statistiker in einer menschlichen Bevölkerung dichtere und dünnere Stellen findet, so sehen wir das Leben in den höchsten Erhebungen der Hochgebirge und an Stellen, die ewiges Eis bedeckt, von Lücken durchbrochen oder mindestens stark verdünnt, wogegen seine größte Mächtigkeit unfehlbar im Meere liegt. Durch Erde, Wasser und Luft wirkt und webt das Gewand der organischen Decke seine Fäden in ungleicher Dichte. Die Wissenschaft wird eines Tages dazu kommen, die Dichte des Lebens und seine Intensität, d. h. das Maß seiner horizontalen und vertikalen Erstreckung, auf der Erdoberfläche zu messen. Es ist sehr zu wünschen, daß exaktere Ausdrücke für tropische Üppigkeit, steppenhafte Verkümmerung, polare Armut gewonnen werden, und daß man die Lebensfülle des Meeres mit der des Landes vergleichen könne. Die Schwankungen des Klimas und der Gestalt der Erdoberfläche haben diese Verteilungsweise des Lebens oft verändert und arbeiten immer noch weiter an ihrer Umgestaltung. Unter unseren Augen vollzieht sich ein Vor- und Rückschwanken der Baum- und Waldgrenzen in den Alpen. Viel augenfälliger sind aber die Veränderungen der Lebensdichte, die auf Eingriffe der

Bergvegetation bei Barberton, Südostafrika. Nach Photographie von Hans Meyer. Vgl. Text, S. 553.

Organismen selbst zurückführen. In erster Linie ist der Mensch thätig, der in allen Waldländern seine „Kultursteppe“ von Äckern und Wiesen an die Stelle des dichten Waldwuchses legt und nur in wenigen Fällen durch Waldanpflanzungen ein intensiveres Leben auf vorher kahlem Boden hervorruft. Kleine Insekten können geradeso rücksichtslose Waldverwüster sein, und der Biber wandelt durch seine Staudämme Wälder in Wiesen um. Derartige Veränderungen haben immer vor sich gehen müssen und werden immer wieder stattfinden. Indem sie die Raumverhältnisse des Lebens und die Beziehungen zum Boden verändern, tragen sie hier zum Untergang und dort zur Neubildung organischer Formen bei.

Daß die Grundbedingungen alles Lebens auf der Erde dieselben sind, kommt in der Verbreitung der Lebensformen vor allem dadurch zum Ausdruck, daß sie alle auf die Erdoberfläche zusammengedrängt sind, von der verhältnismäßig wenige sich zeitweilig in die Luft erheben, während eine noch viel kleinere Zahl unter der Erde in Höhlen und unterirdischen Gewässern lebt. Das bedingt nun eine Zusammendrängung, die den Boden überhaupt verschwinden läßt, eine wahre Übervölkerung (s. die Abbildung, S. 552), die vielen Organismen überhaupt keinen Raum mehr auf der Erde verstattet, sondern sie zwingt, auf oder in anderen Organismen zu leben. So haben viele Bäume ihre Epiphyten, viele Tiere ihre Schmarotzer. Bei manchen beschränkt sich das Zusammenleben auf ein enges Nebeneinanderstehen, wobei ein Wesen das andere schützt, der Baum z. B. den Schatten wirft, den die Anemone nötig hat; es wird bei anderen zur engeren Verbindung, wie z. B. jene, die der Epheu mit seiner Eiche eingeht, und endlich sehen wir eine unlösbare Vereinigung, die z. B. in der Flechte sogar Pilze und Algen zu einem neuen, eigenartigen Ganzen zusammenwachsen läßt.

Die Einheit des Lebens.

Betrachten wir die Erde in ihrer Gesamtheit, so erscheint sie uns als ein Ganzes in sich durch die die Einzelkörper und Einzelwesen zusammenhaltende Schwerkraft, und ebenso als ein Ganzes nach außen durch die Anziehung, welche die Sonne auf sie übt, und durch die Ernährung aus dem Borne lebendiger Kraft, der in der Sonne quillt. Dadurch ist nun alles auf unserer Erde mit einer so tiefen Notwendigkeit in eins verbunden und gefügt, daß nur der Reichtum der Einzelentwickelungen manchmal übersehen lassen kann, wie diese Zusammengehörigkeit die Stoffe und Kräfte, das Innere und Äußere, den Stein und das Leben zusammenzwingt. Was auf dieser Kugel lebt, ist aus ihr erwachsen und bleibt stets mit ihr verbunden. Hier ist Leben, jenseit unseres Luftkreises aber, in großer Nähe, liegt ein Reich des Leblosen. Zwar können wir uns denken, daß die Erde in irgend einer Zukunft gleichsam erstarren und von diesem Bereich des Leblosen mit umfaßt werden könnte; aber die Geschichte der Erde lehrt davon nichts. Das ganze Leben der Erde ist auch geschichtlich ein Ganzes, denn die jüngsten Formen, die heute geboren werden, hängen durch die Abstammung stofflich mit denen zusammen, die vor langer Zeit da waren, und endlich mit den allerältesten, die wir uns nur denken können. Wohl löst sich der Same der Pflanze oder das neugeborene Tier von der Mutter ab, wird selbständig, aber sein Ursprung ist in dieser Mutter und vom Stoff dieser Mutter und von der befruchtenden männlichen Hälfte bis in den Zellkern hinein.

Immer können wir uns die Erde nur vorstellen als einen vom Leben in verschiedener Dichtigkeit gleichsam überwachsenen Körper. Blicken wir in die Vergangenheit der Erde zurück, so wechseln zwar die Töne in diesem Bilde der Lebensverbreitung, da das Leben bald dünner, bald dichter ist, von den Polen zurückweicht oder gegen die Pole vordringt; aber soweit unser

Blick zurückreicht, umhüllte das Leben immer die Erde und konnte immer als eine wesentliche Eigenschaft der Erde gelten. Und zwar dürfte das Leben nicht anders als heute eine Schicht gebildet haben, die weder tief in die Erde eindrang, noch hoch darüber sich erhob, eine wesentlich oberflächliche Schicht. In diesem dünnen, vielgestaltigen Raume drängten sich nun die einzelnen Formen eng zusammen.

Tucumapalmen (Astrocaryum Tucuma, *Mart.*) in Brasilien. Nach J. Huber, „Arboretum amazonicum“. Vgl. Text, S. 555.

Die Erforschung der fernsten Länder und der tiefsten Meere hat zwar unzählige neue Formen des Lebens gebracht, aber nichts, was aus der räumlichen Einheit des Lebens heraustäte. So weit auch Pflanzen, Tiere und Menschen auseinandergehen, sie stehen und gehen auf demselben Boden. Derselbe Boden hat sie geboren. Daher ist ihnen auch gemein, daß die Erde überall von Lebewesen derselben beschränkten Formenkreise bevölkert ist. So wie uns die inneren Unterschiede der Menschheit klein erscheinen im Vergleich mit ihrer weiten Ausbreitung, so sehen wir auch sonst die Erde von Lebewesen bewohnt, die zwar mannigfach verschieden, im Grunde aber doch so übereinstimmend gebaut sind, wie die Menschen, die Vögel, die Schmetterlinge, die Fische u. s. w. Wir sehen keine Spuren von vollständiger Zerstörung und Neuschöpfung, so mannigfaltig auch die Reste des Lebens früherer Perioden in das heutige Leben hereinragen. Wir nehmen auch kein Zeichen wahr, daß das Leben an der Erde jemals von außen her Berührung oder Anregung empfing. Es war immer ein erdgebanntes Leben, räumlich wie stofflich. Und so ist es weder als Ganzes noch in seinen Teilen von der Erde, seinem Boden, zu trennen.

Wenn wir sehen, wie die äußeren Bedingungen ins Innerste der Lebensvorgänge durch Atmung, Nahrung, Licht, Elektrizität, Schatten, Bewegung wirken, wie die einfachste und elementarste Kraft, die Schwere, aber auch die äußere Gestalt der Pflanzen bestimmt, die selbst in ihren luftigsten Gestalten wie auf Säulen der Erde aufruhen (s. die Abbildung, S. 554), und wie sich die Lebensvorgänge im Einklang mit diesen äußeren Bedingungen regulieren, was man Anpassung nennt, so erscheint uns das Leben ohne seine „Umwelt" undenkbar. Warming sagt von den Pflanzen, sie müßten eine besondere, angeborene Kraft oder Fähigkeit besitzen, sich an die gegebenen neuen Verhältnisse direkt anzupassen, d. h. auf eine für das Leben nützliche Weise in Übereinstimmung mit den neuen Lebensbedingungen zu variieren; dieselbe Fähigkeit ist den Tieren und den Menschen zuzuerkennen. Von allen Lebewesen kann man also sagen, daß die äußere Welt in ihren inneren Eigenschaften ihre Spuren hinterläßt, sie gleichsam prägt, und daß sie sich unter dem Einfluß dieser Eigenschaften entwickelt haben. Damit soll aber nicht jener Ansicht das Wort geredet sein, die zuerst von Buffon in eine Art von wissenschaftlichem System gebracht worden und besonders oft auf die Stellung des Menschen in der Natur angewandt worden ist, daß sich die Lebensformen sklavisch ihren Umgebungen gegenüber verhalten. Das Leben steht vielmehr selbständig den Einflüssen seiner Umgebung gegenüber; es wird von ihnen angeregt, aber es reagiert in seiner Weise, es kann durch feindliche Einflüsse zerstört, aber nicht als Leben rasch umgestaltet werden. Nur allmählich mag die Umwelt eines Organismus ihre Einflüsse in dessen Innerstes hineinwirken lassen, aber nicht durch schroffe Eingriffe, sondern durch die feinsten Kanäle des Kreislaufes und des Nervensystems. Daß die Sonne den Neger schwarz gebrannt habe, oder daß die schiefen Augen des Mongolen dadurch entstanden seien, daß er sie in den Sandstürmen der Wüste zukneift, behauptet heute niemand mehr im Ernst; aber daß der Europäer sich in Nordamerika in denselben Typus verwandle, dem der Indianer angehört habe, kann man noch heute in ernsthaften Büchern lesen.

Die Entwickelung der organischen Stoffe.

Die Grundstoffe, aus denen sich das Leben zusammensetzt, sind immer dieselben auf der Erde und im Weltall weitverbreiteten: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff. Aus ihnen treibt die Entwickelung nicht nur neue Formen hervor, die durch leichte Abänderungen aus den alten sich bilden und umbilden, sondern auch aus den alten Grundstoffen neue Verbindungen; aus einfacheren sind immer zusammengesetztere Verbindungen entstanden. Zwar folgt dem Aufschwung zu höheren organischen Bildungen endlich immer derselbe tiefe Sturz in die rohe chemische Zersetzung, deren Ergebnis im Zerfall der Schneealge wie des Adlers immer wieder Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und kleine Teile anderer Elemente übrigläßt; jener Kondor, den Alexander von Humboldt noch einige tausend Fuß über dem Gipfel des Chimborasso sah, kehrt zuletzt ebenso sicher zum Staub zurück wie der Wurm. Aber je höher das Leben sich entwickelte, um so mehr verlängerte und verwickelte sich auch dieser Prozeß der Organisation der Materie. Da nun die höheren Entwickelungen die niederen voraussetzen und von und auf ihnen leben, ist das Endergebnis die Vermehrung und Verfeinerung des Vorrates an organischen Stoffen, aus dem dann künftige Entwickelungen schöpfen werden.

Als Schwann und Schleiden die von Naturphilosophen längst geahnte Zelle entdeckten, glaubte man die letzte Einheit des organischen Aufbaues gefunden zu haben, die kleinsten Bausteine. Als man aber die Zelle zergliederte, fand man, daß weder die Wand noch der Kern der Zelle das Wesentliche und Wirkende sei, sondern der weiche, scheinbar formlose Inhalt, den zuerst Mohl Protoplasma nannte.

Dieses Protoplasma ist der lebende Inhalt der Zellen, auf den alle Lebenserscheinungen des Planeten zurückführen. Es ist dasselbe wie die Zellsubstanz der Menschen und die Sarkode der einfachsten, zwischen Tier und Pflanzen stehenden Lebewesen, das Protoplasma der Pflanzen. In den Formen ungemein mannigfaltig, ist dieser Körper im Wesen ebenso gleichförmig und beständig. Allerdings bildet er in den höheren Organismen sich zu Geweben um, wie Muskelfasern und Nervenfibrillen, die sehr weit abweichen von dem einfachen Protoplasmaklümpchen; aber wie die einfachsten Pflanzen und Tiere nichts anderes als wenig verändertes Protoplasma sind, so weist auch die Entwickelungsgeschichte die immer neue Hervorbildung der kompliziertesten Gewebeteile aus Protoplasma nach. Noch immer spricht man von Zellen, aber man versteht darunter jetzt nur noch ein Protoplasmaklümpchen, das meist auch einen oder mehrere Kerne enthält. Auch nimmt man nicht mehr die kristallartige Entstehung der Zelle aus einer Art von Mutterlauge an, sondern nur das Hervorwachsen von Tochterzellen aus Mutterzellen.

Pflanze, Tier und Mensch.

Der Unterschied zwischen Pflanzen und Tieren schien einst sehr klar zu sein, und man glaubte ihn an der Oberfläche zu sehen. Je tiefer man aber in den Reichtum der Lebewelt eindrang, um so mehr schwand die Bestimmtheit, mit der man einst die beiden großen Reiche der lebendigen Natur einander entgegengestellt hatte. Wenn Linné glaubte, die Tiere hätten vor den Pflanzen Bewegung und Empfindung voraus, so kennen wir nicht bloß die empfindsame Mimose und andere Pflanzen mit beweglichen Organen, sondern auch sehr bewegliche niedere Algen, und anderseits sind festsitzende Schwämme anscheinend gegen Reize unempfindlicher als viele Pflanzen. Es ist wahr, daß die meisten Pflanzen bei Sonnenlicht mit Hilfe des Chlorophylls Kohlensäure aufnehmen und reduzieren, wobei Sauerstoff frei wird; also der umgekehrte Prozeß wie bei den Tieren; aber wenn das Sonnenlicht mangelt und, wie bei Pilzen und Bakterien, Chlorophyll fehlt, wird auch von den Pflanzen Kohlensäure ausgehaucht. Man hat auch den Unterschied zwischen Pflanzen und Tieren darin sehen wollen, daß die Pflanzen Cellulose bilden; aber es gibt nicht wenige niedere Tiere, auch Tunikaten und Arthropoden, die Cellulose bilden. Wohl liegt ferner ein großer Unterschied in der frühen Bildung einer Cellulose-Membran um die Pflanzenzelle, während die Tierzelle sich ein größeres Maß von Freiheit und Beweglichkeit bewahrt; das ist ein tiefgehender Unterschied, auf den ein großer Teil der Verschiedenheit in der Ausbildung und Lebensweise zwischen Pflanzen und Tieren zurückführt. Aber es gibt einzellige Algen, die aus ihrer Hülle heraustreten und sich frei umherbewegen; und die meisten einzelligen Tiere umgeben sich zeitweilig mit Hüllen („encystieren sich“), die manchmal sogar aus Cellulose bestehen. Es liegen also auch hier die Übergänge vor Augen. Und wenn die höher organisierten Pflanzen und Tiere immer weiter auseinandergehen, so hält sie doch immer die Thatsache zusammen, daß das Protoplasma der Pflanzenzelle und das der Tierzelle derselbe Körper ist. Der Löwe und der Eichbaum gehen so gut wie die Alge und der Kieselschwamm aus einfachen Zellen hervor, die auch morphologisch nicht wesentlich voneinander verschieden sind. Ebenso sind die Lebensprozesse im Grund einander ungemein ähnlich. Vom Keimen bis zur Fortpflanzung und bis zum Absterben besteht die größte Ähnlichkeit zwischen dem Wurm und dem Säugetier, dem Moos und der Rose; verschieden sind nur die mannigfaltigen Formen, in denen sich jede Gattung und Art entfaltet.

Auch des Menschen Leib baut sich auf dieser Grundlage alles Lebens auf. Er ist aus einer Eizelle hervorgegangen, und alle seine Gewebe und Organe sind das Werk von Protoplasmakörpern. Leiblich steht er den Tieren zunächst. Die Funde von Resten des javanischen Propithecus verstärken die Hoffnung, daß wir einst genauer die Stelle bezeichnen können, wo

sich der Mensch von den höheren Säugetieren abgezweigt hat. Wenn der Mensch ein drittes Reich organischer Wesen neben denen der Tiere und Pflanzen bildet, so befähigt ihn dazu nur sein Geist. Der Geist des Menschen ist eine vollkommen neue Erscheinung auf unserem Planeten, eigenartiger und wirkungsvoller als alles, was die Entwickelung des Lebens vorher gezeitigt hatte. Pflanzen haben auf Pflanzen und Tiere auf Tiere und die beiden wechselweise aufeinander gewirkt, aber kein anderes Wesen hat in diesem Maße so dauernd und auf so viele andere gewirkt wie der Mensch, der gerade das lebendige Antlitz der Erde aufs tiefste umgestaltet hat.

B. Wechselbeziehungen der drei Lebensreiche.

Inhalt: Wechselbeziehungen der drei Lebensreiche. Ernährung. — Der Kampf um Nahrung. — Pflanzen- und Tiergesellschaften. — Kulturpflanzen und Haustiere des Menschen.

Wechselbeziehungen der drei Lebensreiche. Ernährung.

Das Pflanzenreich, Tierreich und das Reich des Menschen stehen nicht nebeneinander, sondern greifen ineinander, eines hängt vom anderen ab, keines kann für sich allein bestehen. Es gibt unzählbare Beziehungen zwischen ihnen als Ganzem und zwischen ihren Gliedern als einzelnen bis zu den untersten herab, und sie reichen oft so weit, daß es schwer ist, Ursachen und Wirkungen zusammenzubringen. Bedenken wir, daß der Fischer auf den Lofoten Mangel an Treibholz leidet, seitdem der Hinterwäldler Kanadas seine Urwälder zu Holzstoff für die Papierfabriken Europas und Amerikas verarbeitet. Die Existenz der Tiere ruht auf der der Pflanzen. Die Pflanzen verwandeln auf allen Stufen ihrer Entwickelung, von den Bakterien bis zu den Eichen und Palmen, unorganische Stoffe in organische und schaffen damit die Nahrung der Tiere, unter denen besonders die kleinsten und niedersten großenteils von Pflanzen leben, während dann höhere und größere Tiere wieder kleinere verspeisen. Die Ernährung bedeutet zuerst Erhaltung, dann aber Wachstum. Die Vermehrung der Nahrung läßt Pflanzen und Tiere an Größe zunehmen, wogegen die Verminderung der Nahrung sehr oft die Ursache von Verzwergung geworden ist. Damit soll aber nicht ausgesprochen sein, daß alle Größenabnahmen von Nahrungsverminderung herrühren. Bei Tieren, die durch lange Larvenzustände hindurchgehen, verzögert die Verminderung der Nahrung die Entwickelung. Bei Pflanzen, Schmetterlingen und Vögeln beeinflußt die Nahrung sogar die Farbe, und Versetzung aus salzarmem in salzreiches Wasser oder umgekehrt schafft unter den niederen Tieren unmittelbar neue Arten.

Im Ernährungsbedürfnis liegt die nächste Ursache der Beziehungen zwischen einem Organismus und seiner Umgebung. Es entstehen daraus Abhängigkeiten, wie sie die Raupe mit einer bestimmten Pflanze, die Pflanze mit einem eng umschriebenen Standort, den Parasiten mit seinem Wohntier, den Wiederkäuer mit der Wiese, das Raubtier mit seinen Jagdtieren verknüpfen. Der größte Ausdruck dieses Verhältnisses liegt in der Abstufung der Nahrungsweise: zu unterst der Pflanzen, die von dem Boden und der Luft leben, darüber der Tiere, die von den Pflanzen leben, und endlich jener Tiere, die von Tieren leben. Da nun die Überführung des Pflanzenstoffes in den tierischen Körper niemals alle vorhandenen Pflanzen verzehrt, und da bei weitem nicht alle Teile dieser Pflanzen verzehrt werden, sind es, als organische Masse genommen, der Pflanzenfresser viel weniger als der Pflanzen. Und in derselben Weise sind die Fleischfresser beschränkter als die Pflanzenfresser. Auf diesem Wege entstehen die wichtigsten Raumfragen. Das Herdenleben der Pflanzenfresser, das massenhafte Auftreten

von Raupen und Schnecken hängt ebensogut davon ab wie die Vereinzelung der Raubtiere, die Verbreitung der großen fleischfressenden Seesäugetiere, des Löwen oder des Tigers. Wo es kein Pflanzenleben gibt, wie auf dem Boden des Meeres, da können die Tiere nur voneinander leben, wodurch eine Lebewelt entsteht, die ärmer an Formen, aber auch an Individuen ist, und die außerdem für die Neuerzeugung organischer Stoffe auf Zufuhr aus den höheren Schichten des Meeres angewiesen ist. Die einseitige Ausrottung eines Tieres oder einer Pflanze wird immer eine Störung dieses Ineinandergreifens bewirken, deren Wirkungen sich sehr weit erstrecken können. Marshall wirft die Frage auf: Wie reguliert sich der Stoffwechsel, wenn einmal die Riesen der ozeanischen Tierwelt, die Bartenwale, ausgerottet sein werden, die die hauptsächlichen Verzehrer der ungeheueren Masse pelagischer Flügelschneckchen (Clio) sind? Er antwortet: Wahrscheinlich wird eine entsprechende Zunahme kleinerer wirbelloser Meeresraubtiere, etwa der Tintenfische vom Geschlechte der Loligo, die man Kalmaren nennt, stattfinden. Manche Tiere stehen aber auf einer so schmalen Grundlage, daß diese schon durch kleine Schwankungen der Nahrungszufuhr erschüttert, vielleicht vernichtet werden kann. Ganz dem Zufall preisgegeben, vergleichbar einem Strandräuber, lebt z. B. der kleine Hochgebirgs-Weberknecht, Opilio glacialis, jenseits 3000 m in den Alpen, nur noch von verflogenen oder vom Wind angetriebenen Insekten, schiffbrüchigen Seglern der Lüfte.

Es gibt echte **Waldtiere**, die nicht ohne den Wald zu denken sind: Affen, Halbaffen, Wickelbären, Eichhörnchen, viele Vögel, Schlangen, Frösche leben mehr in den Kronen der Wälder als auf dem Boden, und mit ihnen Insekten, Schnecken; jede tropische Waldregion hat ihre Fauna an Waldsäugetieren, die nicht über den Waldsaum hinausgehen. In den mittel- und nordeuropäischen Wäldern ist das Eichhörnchen zum Leben auf den Bäumen organisiert, von Livland an teilt mit ihm die Lebensweise und den Aufenthalt das Flughörnchen, Pteromys, das Birkenwälder bevorzugt und bis Japan vorkommt. Viel zahlreicher sind die Tiere, die im Walde Schutz und Nahrung suchen, ohne eigentlich für das Waldleben organisiert zu sein, oder die sich erst im Laufe ihrer Geschichte in den Wald zurückgezogen haben, ohne die wir uns aber eine Waldlandschaft kaum mehr denken können (s. die beigeheftete Tafel „Deutscher Eichenwald"), wie das Reh, der Hirsch, das Wildschwein, der Kolkrabe, der Kuckuck und viele andere.

Gerade der **Wald**, der so vielen Tieren Schutz bietet, ist auch wieder deren Angriffen besonders ausgesetzt. Nach Hunderten zählen die Waldschädlinge unter den Insekten. Möglicherweise engen einzelne von ihnen dauernd die Gebiete bestimmter Bäume ein; die Beschränkung der Fichte in Nordeuropa führt Kihlmann z. B. mit auf die die Zapfen unfruchtbar machende Cecidomyia zurück. Aber auch unter den höheren Tieren gibt es Waldverwüster, die es fast mit dem Menschen aufnehmen. Dazu gehören alle Laub- und Knospenfresser; selbst die ärmliche Wald- und Mattenvegetation, die den Karabagh im Gegensatz zum übrigen Kaukasus auszeichnet, führt Radde auf das Weiden des Viehes zurück.

Man darf sich aber die Beziehungen zwischen der Vegetation und dem Tierleben **nicht als unbedingt zwingende** denken. Vor allem geht nicht ein reiches Tierleben unmittelbar aus einer reichen Pflanzenwelt hervor. In Afrika verbindet sich ein Reichtum an Säugetieren, und zwar an großen, mit einer armen Vegetation; in Südamerika ist die Vegetation viel reicher, aber es fehlen die großen Tiere. Erst die verwilderten Rinder und Pferde der Europäer haben die Pampas mit großen Herden bevölkert. Das größte Mißverhältnis zwischen Vegetation und Tierleben herrscht in den hochpolaren Weidegründen des Moschusochsen, der inmitten einer zwerghaft niedrigen und vom Eis eingeengten Vegetation in Herden von 30 Stück getroffen wird; bei einer Schulterhöhe von 1,10 m wird er 2½ m lang. Die Stätten der reichsten Vegetation, die tropischen Urwälder, sind im allgemeinen nicht reich an Tieren, wogegen die offenen

Deutscher Eichenwald.

Originalzeichnung von E. Heyn.

Savannenwälder gerade in Afrika am tierreichsten sind. Vielleicht waren es einst die ganz freien Grassteppen des Sudân noch mehr, ähnlich wie die Prärien des westlichen Nordamerika riesige Büffelherden ernährten. Da erkennt man, wieviel die Beweglichkeit des Lebens zum Lebensreichtum beiträgt. Es gibt Organismen von ungemein beschränktem Nahrungsbereich und Organismen von sehr mannigfaltigen und ausgedehnten Nahrungsbeziehungen. Das Extrem sind die Monophagen, die nur von einem bestimmten Lebewesen sich nähren. Pflanzen- und Tierparasiten sind von den Pflanzen und Tieren, auf oder in denen sie wohnen, so abhängig, daß sie mit ihrer ganzen Organisation nur an sie angepaßt sind und auch wieder an gewisse Organe ihrer Wirte: die Trichine lebt im Fleisch des Schweines und im Darm des Menschen, die Ascaris Nigrovenosa in der Lunge des Frosches. Diese äußersten Monophagen haben keine Sinnes- und Bewegungsorgane, sind zu nichts organisiert als zum Aufsaugen von Nahrungssäften ihrer Wirte und zur Vermehrung. Andere Abhängigkeit schafft das Angewiesensein pflanzenfressender Tiere auf bestimmte Pflanzen, das kaum minder auffallend bei der ägyptischen Cynonicteris ist, der einzigen fruchtfressenden Fledermaus der gemäßigten Zone, die sich von den Früchten der Sykomore nährt, als beim Kohlweißling oder dem Wolfsmilchschwärmer. Die Abhängigkeit der Salzpflanzen vom Salzgehalt des Bodens (s. Bd. I, S. 686) ist bei weitem nicht so ausgesprochen wie die des Parasiten von seinem Wirt.

An die Monophagie grenzt die Abhängigkeit mancher Lebewesen von bestimmten Gattungen von Nahrung. Vögel mit harten, zermahlenden Magen fressen nur Körner, Wiederkäuer sind auf Gras und weiche Kräuter angewiesen, die Nahrung der Walfische kann nur aus kleineren Meerestieren bestehen, deren massenhaftes Erscheinen für diese Riesentiere Daseinsbedingung ist, Raubtiere mit kurzen, weichen Magen können nur von Fleisch leben. Die afrikanische Schlange Dasypeltis, die nur von Eiern lebt, verschlingt die Eier ganz, aber eigentümliche Magenzähne zerbrechen sie beim Eintritt in den Magen. Die Zahnreihen der fleischfressenden Schnecken unterscheiden sich geradeso von den Zahnreihen der pflanzenfressenden wie die Zähne der eigentlichen Raubtiere von den Zähnen der Wiederkäuer. Und dieselbe dünne, kleberige Zunge wie der Ameisenbär taucht der Wendehals, den die Spanier Hormiguero, Ameisenvogel, nennen, in die Ameisenhaufen. Wir wissen alle, daß nicht bloß die Verdauungsorgane bestimmten Nahrungszwecken angepaßt sind, sondern daß der ganze Organismus auf die Ergreifung der Nahrung hin ausgebildet ist. Gerade diese Bildungen sind hauptsächlich an der Gestaltung der Wechselbeziehungen verschiedener Lebewesen beteiligt.

Polyphage Lebewesen sind weniger abhängig von ihrer Nahrung als monophage. Sie können leichter von der einen zur anderen übergehen. Wenn die Eidechsen der Osterde im allgemeinen Fleischfresser, die der Westerde Pflanzenfresser sind, so schließt das doch nicht aus, daß unsere Eidechsen gelegentlich als Pflanzenfresser auftreten. Das körnerfressende Eichhörnchen ist unseren Singvögeln und deren Eiern ein schlimmer Feind, die pflanzenfressende Teichhornschnecke (Lymnaeus stagnalis) frißt gelegentlich Tritonen, der braune Bär frißt Honig, Getreide, Ameisen und ist bekanntlich auch ein starker Fleischfresser. Man hat den Übergang von einer Lebensweise zur anderen sich oftmals vollziehen sehen: der neuseeländische Papagei Nestor z. B., der Kia der Maori, hat früher Blumen- und Pflanzensaft geleckt, ist aber mit der Einführung der Viehzucht zum Lecken des Blutes der Schafe übergegangen. Schauinsland fand auf der Südseeinsel Laysan einen Finken von der Gattung Telespiza, der auf dieser Vogelinsel vom Körnerfresser zum Fleisch- und besonders Eierfresser geworden ist. Die Geschichten von Tigern, Bären, Krokodilen, die Menschenfleisch vorziehen, sind jedenfalls nicht alle erfunden.

Die polyphagen Tiere haben kein so enges Verhältnis zu den Pflanzen oder Tieren, von denen sie leben, wie monophage; sie sind daher oft sehr weit verbreitet und passen sich leichter als andere an neue Lebensbedingungen an.

Der Kampf um Nahrung.

Wendelin hat in seinem „Nili Admiranda“ (1723) ein Subkapitel Echthrologia im Kapitel De Crocodilo; er betrachtet darin die Feinde des Krokodils. Wir möchten nun nicht gerade die Echthrologie zu einer neuen Wissenschaft erhoben haben; es genügt an der übermächtigen Stellung des „Kampfes ums Dasein“ in der Entwickelungslehre. Daß aber die feindlichen Wechselbeziehungen aller Lebewesen in das Gewebe der zusammenhängenden Lebenshülle unserer Erde starke Fäden flechten, ist gewiß. Vom Menschen angefangen bis zu den Bacillen sind Lebewesen jeder Art ununterbrochen thätig, nicht bloß andere zurückzudrängen und sich an ihren Platz zu setzen, sondern andere zu vernichten und in sich aufzunehmen.

Der Wettbewerb um Nahrung führt Pflanzen mit Pflanzen, Tiere mit Tieren, beide mit Menschen auf gleiche Kampfplätze zusammen. Der unterliegende Gegner dient entweder dem Sieger zur Nahrung, wobei der laute Kampf mit klirrenden Waffen, den ein kannibalisches Mahl beendigt, und der stille Aussaugungsprozeß, dem ein lianenumstrickter Waldbaum erliegt, auf dasselbe Ende zuführen: die Lebenssäfte des einen müssen das Wachstum des anderen fördern. Oder es begnügt sich der Stärkere mit der Vertreibung des Schwächeren von dem Tische, der für beide gedeckt ist, wobei freilich der Tisch ein ganzer Erdteil sein kann: der Beutelwolf (Thylacinus) hat sich nur in Tasmanien erhalten, wo der Dingo nicht hinkam, aber auf dem australischen Festland ist dieser als größeres Raubtier Alleinherrscher geworden.

Im Wettbewerb um Nahrung tritt vor allen der Mensch den Tieren entgegen, die sich an den Platz drängen, den er für sich gedeckt wähnt. Die Jagd auf die Hirsche, die sein junges Getreide abweiden, auf die Wildschweine, die seine Äcker zerwühlen, auf die Vögel, die seine Kirschen und Weintrauben fressen, ist Notwehr. Um den Vernichtungskrieg der Buren gegen das Wild der südafrikanischen Grasländer zu verstehen, muß man sich auch an den Wettstreit um das Wasser erinnern: nicht selten tranken die Antilopen in einer einzigen Nacht einen ganzen Quelltümpel aus. Seine großen, bekannten Feinde, die Raubtiere, Giftschlangen und dergleichen, drängt der Mensch ununterbrochen zurück. Er muß es thun; gehen doch allein in Indien jährlich ungefähr 3000 Menschen durch Raubtiere, 20,000 (?) durch Schlangenbisse, dazu 60,000 Haustiere zu Grunde. Für jedes Kulturland Europas kann auf Jahr und Tag das Verschwinden des letzten Bären, Wolfes, Luchses angegeben werden. Irland, England, Dänemark, Holland sind von ihnen befreit; selbst in den Alpen ist der Luchs ausgerottet, und der Bär wird ihm bald folgen.

Der letzte Bär ist in den Bayrischen Alpen 1835 erlegt worden, aber noch 1864 wurde einer bei Partenkirchen gesehen. Der letzte Wolf wurde 1837 erlegt, der letzte Luchs 1838: es ist kein Zufall, daß das Erlöschen dieser großen Raubtiere zeitlich mit der Ausdehnung des Straßennetzes und dem häufigeren Besuch des Hochgebirges durch Jäger und Touristen zusammenfällt. Deutlich erkennt man die Zurückdrängung aus den dicht bewohnten, verkehrsreichen Ländern gegen die Grenzen der Kultur hin. Noch 1882 sind in Finnland 85 Bären, 128 Wölfe und 407 Luchse getötet worden.

Die Ausrottung des Riesenvogels Moa in Neuseeland (s. die Abbildung, S. 561), dessen Knochen und Eierschalen in verhältnismäßig jungen Küchenabfällen liegen, beweist, daß sich dabei keineswegs nur die Kulturträger beteiligt haben; denn diese Ausrottung hatte wohl schon Jahrzehnte vor dem Beginn der Besiedelung Neuseelands durch die Europäer ihr Ziel erreicht. Auch daß die Stellersche Seekuh (Rhytina Stelleri *Cuv.*) 27 Jahre nach ihrer Entdeckung ausgerottet

war, scheint anzudeuten, daß dieser Prozeß schon vorher begonnen hatte. In allen diesen Kämpfen fallen zuerst die wenig geschützten, vom Menschen begehrten, leicht zu findenden und viel Raum beanspruchenden Tiere und Pflanzen: die Bisons in Europa und Nordamerika, die Elefanten und andere große Säugetiere, besonders auch die wildlebenden Urväter des gezähmten Rindes, Kameles und Pferdes. Auch hier geben trotz ihrer schlechteren Waffen die Naturvölker den Kulturvölkern nichts nach. Wissmann fand in den dichtbevölkerten Prärien am Lomami die Wildarmut größer als in Deutschland und sah in Uha nur ein einziges Mal Rhinocerosspuren. Auch große Vögel und Reptilien, z. B. das Krokodil in Ägypten, sind hier zu nennen, und in der Pflanzenwelt Bäume, wie die langsam wachsende und wegen ihres harten Holzes gesuchte Eibe, die in einem großen Teile von Deutschland verschwunden ist, die Zirbe oder Arve (vgl. die Tafel „Arven" in Bd. I, bei S. 700), der in den Alpen dasselbe Schicksal bereitet wird. Das erinnert an den Vertilgungskrieg der Walfischfänger gegen die großen Seesäugetiere wegen des Fischbeins, des Thrans, des Pelzes, der Walroßzähne; auch der Rückzug des wilden Straußes in Nordostafrika gehört hierher.

So wie die nützlichen sind auch die schädlichen Tiere sehr ungleich verteilt. Da Irland überhaupt keine Schlangen hat, hat es auch keine Giftschlangen, und diese Eigenschaft teilt es mit vielen anderen Inseln; das südliche Australien ist dagegen ungemein reich an Giftschlangen. Überraschend ist die Armut an Raubtieren in Gebieten, wo schwache Wiederkäuer in großer Zahl weiden. In den wiederkäuerreichen Hochsteppen Zentralasiens ist von den Katzen der nicht häufige Irbis die größte, der tibetanische Bär stellt nur den Pfeifhasen nach, Ailurus, der Tatzenbär, scheint Pflanzenfresser zu sein, der tibetanische Wolf ist klein, und auch die beiden Luchse dieses Gebietes gehören nicht zu den stärksten. Kobelt spricht die Vermutung aus, daß die reiche Entwickelung der Wiederkäuer dieser Hochsteppen mit durch die Armut an großen Raubtieren veranlaßt sei.

Dinornis (einer der bis 4 m Höhe erreichenden Moas der Maori), aus dem Diluvium von Neuseeland. Vgl. Text, S. 560.

Eine Pflanzen- oder Tierart geht in Berührung mit dem Menschen nicht einfach darum zurück, weil sie aus Gewinnsucht oder Feindschaft von ihm verfolgt wird. Die Größe des Wisent, sein Angewiesensein auf Pflanzennahrung, sein Gebundensein an Wälder sind typisch für die Verhältnisse, die das Verbreitungsgebiet einer Tierart einschränken, bis der Mensch sie endlich zum Aussterben bringt; für das Elentier lag dagegen ein Vorteil darin, daß es im Winter den Schutz der Wälder aufsuchte und im Sommer sumpfige Strauchdickichte bevorzugte, die für den Menschen vielfach unzugänglich waren. Die unbekannten Einflüsse, welche die Pflanzen und Tiere enger Wohnräume, besonders der Inseln, zum Aussterben bringen, hatten das Schicksal des Dodo ineptus vorbereitet, der 40 Jahre nach der Entdeckung auf Mauritius ausgerottet war. Die Cypresse Widdringtonia Whytei im Britischen Nyassaland scheint nur in dem 3000 m hohen Milandji-Gebirge vorzukommen; sie war, kaum 1892 entdeckt, schon mit Vernichtung bedroht. In der Ausrottung der Riesenvögel auf Neuseeland, wo Riesenrallen

und -gänse schon früher ausgestorben waren, des Alk, der Rhytina hat spontanes Abnehmen sicherlich mitgewirkt.

Es gibt Tiere, die den Menschen scheuen, andere, die ihm überallhin folgen. Die Mandelkrähe gehört zu den ersten, der Storch, die Hausschwalbe zu den zweiten. Menschenfreundliche Vögel, besonders auch der Sperling, kolonisieren mit und verbreiten sich längs der Wege und Eisenbahnen. Sogar Reptilien teilen gern die Wohnstätten der Menschen; die Siedler-Agame (Agame colonorum) ist in dieser Weise durch den ganzen Sudân verbreitet. Schon die Nähe

Die Blütenköpfe der Serratula lycopifolia gegen die Angriffe eines gefräßigen Käfers (Oxythyrea funesta) durch Ameisen (Formica exsecta) verteidigt. Nach A. v. Kerner. Vgl. Text, S. 563.

des Menschen stört aber manche Tiere der ersteren Art in ihren ruhigen Lebensgewohnheiten und veranlaßt sie, den Ort zu wechseln. Nicht bloß die Kugel, schon der Knall der Flinte vertrieb die Bisons in Nordamerika, wie wohl früher ihre Verwandten in Europa. In allen Kulturländern hat die Verunreinigung und Vergiftung der Gewässer einen Rückgang der Fische und Krebse bewirkt; aber auch wo diese Ursachen nicht in Frage kommen, haben sich manche Fischarten wegen der Beunruhigung durch die Dampfschiffahrt zurückgezogen. Freilich, der Wegzug der Stockfische vom Kap Cod, dem sie einst ihren Namen gaben, führt unmittelbar auf die ununterbrochenen Massenfänge ohne alle Schonzeit und Schongebiete zurück.

Große Gruppen von Pflanzen und Tieren sind zurückgegangen, weil die vom Menschen bewirkten **Umgestaltungen des Bodens** ihre Lebensbedingungen verändert oder gar vernichtet haben. Die Verwandlung des Waldes in Feld und Wiese, die Veränderungen der Flußläufe

haben in allen Kulturländern Tiere und Pflanzen verschwinden machen. Sie schaffen Einschränkungen, man möchte sagen Wohnungsnot. Die Waldvernichtung ist in dieser Beziehung besonders wirksam. Selbst im Boden von St. Helena findet man die Schalen von mehreren verschiedenen Landschneckenarten, Tothlogena, die wahrscheinlich erst seit der Ausrottung der Wälder im 18. Jahrhundert ausgestorben sind. Dabei hat es sich nicht selten ereignet, daß die Kultur sich durch ihr eigenes Werk neue Feinde schuf; so beschreibt Pallas, wie nach der Urbarmachung der Steppen an der unteren Wolga die Ziesel sich zu den Wohnstätten hinzogen, wo sie den Ackerfrüchten schädlich wurden, während sie in den Steppen abnahmen. Die schädlichen Folgen der Entwaldung und der Vertilgung kleiner insektenfressender Vögel und mäusevertilgender Raubvögel sind bekannt. Wo es an Raubtieren fehlt, die anderen, rasch sich vermehrenden Tieren entgegentreten, erwächst dem Menschen aus diesen eine Gefahr, für deren Abwendung er schwere Opfer bringen muß: in dem einen Jahr 1887 wurden in Australien weit über 10 Millionen Kaninchen getötet.

Zu den wichtigsten Beziehungen zwischen Pflanzen und Tieren gehört die Hilfe der Tiere bei der Vermehrung der Pflanzen, wo sie die Übertragung des Pollens auf den Fruchtknoten besorgen. Viele Pflanzen bedürfen dieser Hilfe nicht, so unsere meisten Waldbäume, bei anderen spielt sie nur eine Nebenrolle, aber es gibt nicht wenige, deren Fortpflanzung von dem Besuche ganz bestimmter Tiere abhängt, an deren Gestalt, Farben-, Geruchs- und Geschmacksinn daher die Gestalt, Farbe, Duft und Honigbehälter der Blüten angepaßt sind. Es handelt sich dabei keineswegs nur um einzelne Merkwürdigkeiten; ist doch selbst der Charakter unseres Waldes wesentlich davon abhängig. Der Unterschied der vorwiegend nordischen Bäume mit Windbestäubung von den tropischen mit Insektenbestäubung geht so tief, daß wir uns ein durch Äonen fortgesetztes Wechselwirken zwischen Bäumen und Insekten vorstellen müssen, das allein im stande gewesen ist, solche Umbildungen und Anpassungen zu erzeugen.

Unter den Vögeln sind die Kolibris Amerikas und die Honigvögel des tropischen Asien, Afrika und Australien als Blütenbestäuber thätig. Die bestäubenden Insekten sind hauptsächlich bienenartige, Schmetterlinge und Fliegen, die einander in dieser Arbeit ablösen. Im stürmischen Klima der Anden sind z. B. Schmetterlinge selten, zahllose lästige Zweiflügler sind an ihre Stelle getreten, und ihre Menge entspricht dem Reichtum befruchtungsbedürftiger Blütenpflanzen. Die zum erstenmal von Kurt Sprengel erkannte und 1793 ausgesprochene Beziehung der Insekten zur Fortpflanzung vieler Blütengewächse ist durchaus nicht klimatisch beschränkt; die Großblütigkeit an den polaren und Höhengrenzen der Vegetation hängt von ihnen ab. Doch besteht überall eine Beziehung zwischen Zahl und Art der auf Insektenbestäubung eingerichteten Blüten und der Verbreitung der Insekten. Mit der Insektenarmut und der Rückbildung der Größe und Beweglichkeit der Insekten auf ozeanischen Inseln geht eine Verarmung der Inselfloren an insektenblütigen Pflanzen Hand in Hand. Daß es indessen gerade auf insektenarmen ozeanischen Inseln schönblütige und wohlriechende Pflanzen genug gibt, empfiehlt uns Vorsicht in der Annahme allzu enger Beziehungen zwischen Blüten und Insekten. Begünstigt doch der stürmische Charakter des Inselklimas die Windbestäubung.

Eine Anzahl von tropischen Pflanzen, Akazien, Cecropien, Ficus-Arten u. a. steht in einem so engen symbiotischen Verhältnis zu den in den Tropen so zahl- und formenreichen Ameisen, daß ihre Entwickelung und ihr Wachstum ohne die Mitwirkung dieser Insekten gar nicht denkbar ist. Solche Pflanzen werden in ihren inneren Höhlungen, in Dornen u. s. w. von Ameisen bewohnt, für die sie Nahrungsstoff in besonderen Knollen und anderen Ablagerungen erzeugen, und dafür werden sie von den Ameisen gegen Feinde aus dem Insektenreich geschützt (s. die Abbildung, S. 562). Einige Ameisen treiben sogar im Inneren ihrer Wohnpflanzen die Zucht von Blattläusen.

Die sogenannten Blattschneide-Ameisen der Gattung Alta des tropischen Amerika gehören dagegen zu den ärgsten Feinden der Vegetation, so daß Pflanzen, die sie mit Vorliebe heimsuchen, in dem Wohngebiete dieser Ameisen nur unter dem Schutze des Menschen fortkommen. „Ein grüner Strom zieht quer durch den Waldpfad, wandernde Blattstücke von Groschengröße, jedes auf dem Kopfe einer Ameise senkrecht stehend. Bei gewissen Arten begleiten großköpfige unbeladene Soldaten den Zug" (Schimper). Diese Ameisen entlauben in kurzer Zeit einen ganzen Baum und bereiten aus den abgeschnittenen Blättern ihre wesentlich aus Pilzsprossen bestehende Nahrung; sie häufen nämlich diese Blätter in zerkautem Zustande in ihren Nestern auf, wo sich dieselben mit einer reichen Pilzvegetation durchsetzen.

Nicht bloß die Kulturpflanzen fordern, daß Pflug oder Karst ihnen den frischen Boden öffnen, ihren jungen Pflänzlingen den Kampf mit dem Unkraut ersparen, es gibt auch viele Pflanzen der Wildnis, die erst Wurzel fassen, wenn ihnen der Erdboden aufgeschlossen wird.

Solange das langhalmige Lahnergras die Berghänge bedeckt, kommen die jungen Legföhren schwer auf. Wenn dagegen Steinfall oder auch nur der Tritt des Rindes oder des Wildes die Grasnarbe zerreißt, werden die Bedingungen sogleich günstiger, und es ist wesentlich solchen kleinen Eingriffen zuzuschreiben, daß Legföhrenbestände langsam in geschlossene Alpenwiesen eindringen, um sie endlich zu besetzen. Thonreiche Gesteine locken die Legföhren weniger an, da sie sich rasch mit Gräsern und Kräutern besiedeln; dagegen kommen ihnen die schwer zersetzbaren Wettersteinkalke entgegen.

Am auffallendsten verändert unter unseren Augen der Boden, den die Kultur erschließt und umgestaltet, die Lebensbedingungen der Arten, die auf ihm altansässig waren, und schafft neue für Einwanderer, welche die Kultur bringt; sie verbreiten sich aus den alten Kulturgebieten in die neuen. Die „Flora adventitia" der deutschen Kulturflächen in Äckern und Gärten ist mediterranen Ursprungs; auch Abessinien hat eine ganze Reihe von verwilderten Kulturpflanzen und Ackerunkräutern mediterraner Herkunft, die bis in seine Hochgebirgsregionen steigen. In allen tropischen Kulturgebieten ist in ähnlicher Weise durch die Einbürgerung der sogenannten Unkräuter die Summe der Arten erheblich gewachsen, die so entlegenen Gebieten wie Indien, Ostafrika und den Antillen gemein sind. Dazu kommt die große Zahl von Pflanzen, die spärlich im wilden Zustand wuchsen und nun auf Kulturland plötzlich eine gewaltige Ausbreitung erfahren.

Pflanzen- und Tiergesellschaften.

Besonders unter den Pflanzen gibt es viele, die nur auf anderen, wenn auch nicht ganz von anderen Pflanzen leben. Die echten Parasiten, welche die Nährsäfte ihres Wirtes aussaugen, so wie die Flachsseide (Cuscuta epilinum) den Flachs, oder die Misteln die Bäume, auf denen sie leben, sind von jenen zu unterscheiden, deren Zusammenleben man als Helotismus bezeichnet hat; so sind in der Flechte der Pilz und die Alge aufs engste verbunden, aber die Alge bedarf nicht des Pilzes, der an sie gebunden ist. In beiden Fällen bringt die Abhängigkeit wesentliche organische Veränderungen hervor; bei den echten Pflanzenparasiten wird die ganze Pflanze auf Blüte und Wurzel reduziert, und schmarotzende Tiere verlieren ihre Bewegungs- und Sinnesorgane. Verhältnisse annähernder Gleichberechtigung nennt man Mutualismus: die Bakterien in Knöllchen der Leguminosen, Azolla, die in der Unterseite ihrer Blätter die Alge Anabaena beherbergt, die Alge Nostoc, die in Sphagnumblättern wohnt, sind Vergesellschaftungen zu gegenseitigem Nutzen.

Zahlreiche Pflanzen nehmen ihren Stand auf anderen, wobei besonders rissige Rinden, stehenbleibende Blattscheiden u. dgl. gewählt werden. Ihr Verhältnis zur Stammpflanze, auf der sie wohnen, kann sehr verschieden sein; denn einige wurzeln im Boden und stützen sich nur auf ihre Bäume, andere ziehen aus denselben ihre Nahrung, wieder andere nehmen ihre Nahrung durch die Blätter aus der Luft und dem Wasser; aber entscheidend ist für uns das allen gemeinsame topographische Verhältnis, das man in dem Namen Epiphyten ausspricht. Vgl. hierzu die Tafel „Urwald in den Kordilleren von Salta"

bei S. 518. Voraussetzungen der reichsten Epiphytenvegetation sind feuchte Luft, Licht, reichlicher Tau, häufige Regengüsse. In der Savanne fehlt das Wasser, im geschlossenen Urwalde das Licht. Daher finden wir die reichste Entwickelung an den Ufern waldumsäumter Flüsse und Seen. Allerdings gibt es auch Epiphyten der Savannenbäume mit Einrichtungen zur Wasserersparnis.

Die verschiedensten Arten mit ganz verschiedenen Lebensformen bilden **Vereine**, die durch ihre gegenseitige Abhängigkeit, die Gleichheit der Anforderungen an die Natur des Standortes und die Übereinstimmung der Lebensweise zusammengehalten werden. Ein Verein hat immer seine bestimmte Physiognomie, nimmt aber Lebewesen der allerverschiedensten Physiognomien in sich auf. Und dieselbe Vereinsform kann in verschiedenen Gegenden mit ganz verschiedenem Inhalt erscheinen: z. B. der Tropenwald in Südamerika und in Afrika oder die Wiese in Mitteleuropa und in Nordamerika.

Niedere Tiere, die durch pflanzenartige Verzweigung und Teilung sich vermehren, bilden auch pflanzenartige Vergesellschaftungen, **Tierstöcke**. Es sind alles Wasserbewohner, und zwar in der großen Mehrzahl Bewohner des salzigen Wassers: Spongien, Polypen, Moostierchen (s. die nebenstehende Abbildung), die zu den Weichtieren gehörigen Ascidien oder Seescheiden. In den Korallenriffen haben wir ihre großartigste und geographisch bedeutsamste Form kennen gelernt. Einige andere Tiere benutzen diese Riffe als Wohnstätte, wie Holothurien und Fische, bei denen man dann die seltsamsten Anpassungen an die lebhaften Farben der Korallen findet.

Moostierchen Flustra foliacea. a Ein Stock in natürl. Größe; b einige vergrößerte Zellen.

Den Tierstöcken stehen die **freien Vereinigungen** der Tiere gegenüber, in denen jedes einzelne ein selbständiges Wesen bleibt, aber doch räumlich mit seinesgleichen eng verbunden ist. Auch wieder im Salzwasser finden wir jene nach vielen Milliarden zählenden dichten Schwärme kleiner Lebewesen, mikroskopische Krebse besonders, welche die Hauptnahrung vieler Fische bilden, die sie in entsprechend großen Schwärmen verfolgen. Auf dem Lande sind die Heuschreckenschwärme auch aus Millionen gebildet, aber ihre Zahl verschwindet doch vor der jener kleinen Copepoden und Verwandten. Das massenhafte Auftreten gewisser Insekten, wie z. B. des gefürchteten Nonnenspinners, des Schädlings unserer Nadelhölzer, zeigt auch Millionengesellschaften. In gleicher Weise wandern höhere Tiere, von den Fischen angefangen, dann die Wandervögel, die Lemminge, und die Berichte der Jäger und Tierforscher erzählen von den unübersehbaren Herden von Büffeln und Antilopen, die sich auf den Prärien Nordamerikas und den Steppen Südafrikas oft plötzlich in einer Richtung in Bewegung setzen.

Es ist nicht bloß eine Gemeinsamkeit der Lebensbedingungen, die Verwandte zusammenhält, auch nicht bloß der Geschlechtstrieb, der bald Männchen und Weibchen in besondere Herden scheidet, bald die Weibchen der Führung jüngerer Männchen unterstellt, endlich auch nicht nur der Ernährungstrieb, der Raubtiere zu gemeinsamen Jagden verbindet, sondern es wirkt hier ein instinktives **Gesellschaftsgefühl** mit. Sogar auf ozeanischen Inseln, wo verschiedene Vogelarten zum Nisten in großen Mengen zusammentreffen, gesellen sich immer die Artverwandten zusammen, so wie Völkerschaften ihre Gebiete bewohnen und absondern. Dabei

zeigen sich aber bei naheverwandten Arten große Unterschiede; der schwarze Storch z. B. ist ein geselliger Vogel, während der weiße, außer auf der Wanderung, nur paarweise lebt. Wie groß jene Brütgesellschaften oder Brutkolonien sein mögen, zeigt uns Pöppigs Bericht von der chilenischen Küste, wo die schwarzen Verkehrtschnäbler (Rhynchops nigra) in solchen Mengen am Strande saßen, daß sie ein dunkles Band von 11 bis 12 km Länge bildeten. Auch Seesäugetiere hat man zu Millionen die Strande von Inseln des Südmeeres umlagern sehen. Die mit Nestern der Webervögel in großer Zahl behängten Bäume sind ein charakteristischer Zug in der Landschaft des tropischen Afrika, nicht minder die mit Hunderten von fliegenden Hunden behängten „Schlafbäume", als welche in Australien mit Vorliebe einzelstehende Araukarien ausgewählt werden.

Man hat auch bei den Tieren den Namen Mutualismus jenem Zusammenleben gegeben, das den Charakter dauernder Interessengemeinschaft, in manchen Fällen auch der uninteressierten Freundschaft hat. Unter unseren Vögeln gesellen sich gern Tannenmeisen und Goldhähnchen zu einander. Die gestreiften Wildpferde Afrikas schließen sich gern an weidende zahme Pferde an, so wie man bei uns in den Alpen Gemsen friedlich mit Rindern äsen sieht. Den erfolgreichen Räuber begleitet schwächeres Raubgesindel, das auf seinen Teil Beute hofft, wie die Marodeure an den großen Armeen hängen. Dem Löwen folgt der Schakal. Den Puma, der die Guanakoherden in den Ebenen Patagoniens verfolgt, begleitet unfehlbar der Kondor. Es kann nicht anders sein, als daß eine Art von Schutzgemeinschaft der Gesellung des Nandu Südamerikas (Rhea americana) mit dem Pampashirsch und der südlicher wohnenden Rhea Darwinii mit dem Guanako zu Grunde liegt; hier scheint, ähnlich wie bei der häufigen Vergesellschaftung des Zebras mit dem Strauß, das Säugetier sich auf das scharfe Auge des Vogels zu verlassen, und dieser könnte vielleicht ebenso von der Witterung des Säugetieres bei Gefahren Nutzen ziehen. Wenn im Kaukasus das Königshuhn (Tetraogallus) in den Rudeln der Steinböcke lebt, sucht man die Ursache in der Vorliebe des Vogels für die Insekten, die im Miste des Wiederkäuers leben. Merkwürdigerweise knüpft im Altai eine ähnliche Freundschaft Megaloperdix altaicus mit der Schneeziege, im Himalaya Megaloperdix himalayanus mit dem steinbockartigen Markhor. Afrikanische Webervögel leben hauptsächlich von den Maden der wilden Büffel und ebenso Crotophagus von den Maden der Rinder in Südamerika.

Schon früher hat uns die Betrachtung der Geschichte der Erdteile und Inseln Tier- und Pflanzenvereinigungen kennen gelehrt (Bd. I, S. 352 u. f.), die man geschichtliche Gesellschaften nennen könnte. Die Lebewelt eines Landes bildet eine solche Gesellschaft; wie bunt auch ihre Elemente gemischt sein mögen, ihr Dasein auf diesem Boden und oft auch gemeinsame Herkunft verbinden sie; aus ihren gegenwärtigen Lebensbedingungen und ihrer geschichtlichen Entwickelung gehen die Merkmale hervor, die auch selbst der Landschaft eines solchen Gebietes ein gewisses Zusammenstimmen verleihen (s. die beigeheftete farbige Tafel „Mittelmeerflora").

Kulturpflanzen und Haustiere des Menschen.

Das großartigste Beispiel von Symbiose bietet der Mensch mit seinen Kulturpflanzen und Haustieren, unter denen wir einige finden, die, wie Pferd und Hund, Freunde des Menschen und selbst Hausgötter geworden sind, während andere, nur durch harten Zwang festgehaltene, wie das Lama oder der Strauß, halbwild bleiben. Schon bei Völkern ohne Ackerbau und Viehzucht findet man Pflanzen, von denen der Mensch Holz und Fasern für Waffen und Geräte, Früchte und Wurzeln zur Nahrung, Gifte für die Jagd, Farben zum Schmuck, Säfte zur

1. Meerstrandskiefer. — 2. Immergrüne Eiche. — 3. Feigenbaum. — 4. Cypresse. — 5. Pinie. — 6. Ölbau
13. Agave americana. — 14. Fackeldistel (Opun

MITTELM
Nach Aquarel

— 7. Orange. — 8. Dattelpalme. — 9. Zwergpalme. — 10. Lorbeer. — 11. Besenstrauch. — 12. Oleander. —
— 15. Asphodelus luteus. — 16. Acanthus mollis.

ERFLORA.

n *Olof Winkler.*

Betäubung nimmt, und Tiere, mit denen er sich zum Spiel umgibt, oder die er wegen geheimnisvoller Beziehungen zu außerirdischen Mächten verehrt und hegt, wie die Ägypter den Ibis, den Skarabäus u. a. Man darf dabei auch an das Freundschaftsverhältnis germanischer Völker zum Storch, der slawischen zur Linde erinnern. Ein fester Besitz an Tieren und Pflanzen, von denen der Mensch sich nicht mehr trennen könnte, ohne seine eigene Kultur zu schädigen, ist dann im Laufe der höheren Kulturentwickelung gewonnen worden, wobei aus den längst bekannten eine engere Auswahl getroffen wurde, auch ganz neue Elemente hinzukamen. Man kann die Zahl der Pflanzen, von denen Menschen irgend eine Nahrung gewinnen, auf mehr als 1000 schätzen, doch ist nur ein Teil davon in Kultur genommen, wie denn die Kulturpflanzen überhaupt, wenn wir von den Zierpflanzen absehen, die Zahl 400 nicht überschreiten dürften.

Tausende von Pflanzenteilen, viele Insekten und andere niedere Tiere wurden und werden in Zeiten der Not verspeist, auch wenn sie so wenig Nahrungsstoff enthalten wie die Baumrinde, die man selbst in Europa zu solchen Zeiten dem Brotmehl beimischt, oder das schneeweiße Mark der Papyrushalme, das die Neger Äquatorialafrikas kauen, wiewohl es fast ohne Geschmack ist. Die nie gezüchtete Purpurschnecke hat mächtig dazu beigetragen, Abend- und Morgenland zusammenzubringen, denn nächst der Küste von Tyrus war die peloponnesische am reichsten daran; die Verbreitung der Phöniker an den Küsten des Mittelmeeres wurde wesentlich durch sie mitbestimmt, wie auch das Streben nach Gewinnung der Eier und wärmenden Federn der Seevögel die Normannen an den grönländischen Küsten polwärts geführt hat. Die Inseln Ternate und Tidor, wo der Gewürznelkenbaum wuchs, die Bandainseln mit dem Muskatnußbaum, Ceylon mit dem Zimtbaum, Südwestindien mit dem Pfefferstrauch gehörten nur wegen dieser Pflanzen, die erst spät in andere Länder verpflanzt worden sind, zu den größten Zielen des Welthandels bis tief in das 18. Jahrhundert. Ein anderes Beispiel: die Sammlung und Verfrachtung des Seekohls, eines Tanges, den die Chinesen essen, hat das erste Aufblühen von Wladiwostok mehr als alles andere befördert; die Küstenschiffahrt hat unmittelbar daran angeknüpft, und durch ihn entstanden in den Nachbarbuchten Niederlassungen von Chinesen, Keime von Faktoreien. Das Renntier der Alten Welt ist nicht in dem Sinne Haustier geworden, wie so manche andere Zweihufer; es lebt auch gezähmt im Freien, ist darauf angewiesen, seine Nahrung selbst zu suchen und hat auch keine eigentlichen Kulturrassen entwickelt; der Mensch des nördlichsten Europa und Asien kann aber nicht mehr ohne das Renntier leben. Auf der Halbinsel Kola gab es früher Verkehr zu Lande in größerer Ausdehnung nur im Winter, wo über Schnee und Eis der Renntierschlitten hinfährt, und auch heute durchziehen die nomadisierenden Lappen nur im Winter den nördlichen Teil der Halbinsel, an deren Nord- und Ostküste sie im Sommer fischen. Ähnlich steht das Lama zum Menschen in den Andenhochländern: in wenig ergiebigen Hochländern von 4000 m Meereshöhe, wo der Ackerbau immer unsicher bleibt, waren die Lamas allein im stande, Tauschwaren für die aus tieferen Regionen heraufgebrachten Lebensmittel zu liefern; und ohne dieses Tier würden wir im Inkareich die Menschenopfer wohl ebenso hoch haben anschwellen sehen wie in dem der Azteken (Tschudi). Aber wenn heute die zahmen Lamas freigelassen werden, sind sie ebenso freie, selbständige Wesen wie ihre ungezähmten Genossen.

Die **Heimat der Kulturpflanzen und Haustiere** festzustellen, gelingt nur bei einigen wenigen, deren Nutzen man erst in neuerer Zeit kennen und verwerten gelernt hat, wie bei der Jute aus Bengalen, der Sisalagave aus Yukatan, dem Manilahanf von den Philippinen, dem neuseeländischen Flachs aus Neuseeland und wenigen anderen. Bei manchen ist es möglich, die

Herkunft aus einem weiten Gebiete ganz im allgemeinen anzugeben, so bei der Kartoffel und der Quinoa, denen die Andenhochländer als Heimat anzuweisen sind, oder dem Buchweizen, der aus der Mongolei oder der Mandschurei stammt. Für den Mais kann nur Amerika im ganzen als Heimat angegeben werden, wo er heute von 40° südl. Breite bis 50° nördl. Breite angebaut wird, doch ist die tropische Abstammung wahrscheinlich; seine nächsten Verwandten hegt Mittelamerika. Für unsere wichtigsten Getreidearten ist die vorderasiatische Heimat wahrscheinlich, ebenso für eine Anzahl von Obstarten und für den Wein; aber der Beweis dafür, der aus dem Vorkommen im wilden Zustand genommen wird, ist in keinem einzigen Falle schlagend, denn die Verwilderung von Kulturpflanzen ist eine weitverbreitete Erscheinung, und mit der Entwickelung des geographischen Horizontes der Völker erweiterten sich auch die Gebiete der Pflanzen und Tiere, die mit ihnen gingen. Das Kamel ist langsam aus Nordarabien oder Südpersien westwärts gewandert; Abraham und Hiob hatten es nicht in ihren Herden, und noch zu Cäsars Zeit muß es in Westafrika selten gewesen sein. Im 19. Jahrhundert hat es seinen Weg über den Atlantischen Ozean nach den Steppen des westlichen Nordamerika gemacht. Der Kameltypus war aber von Amerika, wie es scheint, ausgegangen; also Ausbreitung, Zusammenziehung, Ausbreitung und wieder Rückkehr zum alten Gebiet.

Was wir in dem mitteleuropäischen Gebiet kultivieren und züchten, scheint alles von außen hereingewandert und hereingebracht zu sein. Einzelne Kulturpflanzen sind vielleicht nicht weit von unseren Grenzen heimisch, so der Roggen, dessen Heimat man in den osteuropäischen Steppen oder auf der Balkanhalbinsel sucht; andere sind in verwandten Formen bei uns heimisch, wobei es aber doch wahrscheinlich ist, daß Kulturformen unabhängig von diesen eingeführt sind: dies gilt vom Apfel- und Birnbaum. Wir lesen: Der wilde Weinstock ist von Nordpersien bis zum Taschkenter Alatau verbreitet; oder: der wilde Aprikosenbaum ist der Schmuck aller dsungarischen, turkestanischen und afghanischen Vorberge (Regel); aber der Weinstock kommt im wilden Zustand noch weiter westlich, nämlich bis Kolchis, vor und ist auch den Chinesen bekannt geworden, nach Europa ist er aus Syrien oder Kleinasien gekommen. Und was die angeblich aus Vorderasien stammenden Obstbäume, besonders den Kirschbaum, betrifft, so scheinen sie zum Teil durch Kultur veredelte Abarten von Arten zu sein, die auch in den Wäldern Europas heimisch sind. Die Kokospalme ist an allen tropischen Küsten des Stillen und Indischen Ozeans wildwachsend gefunden worden, also kann man nicht behaupten, sie stamme aus Ozeanien, wenn auch die dortigen Völker den größten Nutzen daraus ziehen. Sogar eine Gartenbohne und Kürbisse scheinen, nach den Funden von Ancon zu schließen, amerikanischen Ursprungs zu sein, aber im allgemeinen ist die Neue Welt ursprünglich viel ärmer an Kulturpflanzen gewesen als die Alte; nur Mais, Kartoffeln, Kakao und Tabak stammen aus Amerika. Australien hat gar keine Kulturpflanze geliefert, die ihren Weg durch die Welt gemacht hätte. Darin liegt offenbar ein großer ursprünglicher Nachteil dieser Festländer gegenüber Eurasien und Afrika.

Die wichtigsten Nährpflanzen sind die Gräser, die mehlhaltige Samen tragen: Weizen, Gerste, Roggen und Hafer, Reis, der den alten Ariern noch nicht bekannt war, Hirse und Moorhirse, der Mais. Die Mehrzahl stammt aus dem trockenen Vorderasien und gemäßigten Eurasien, Südasien hat Reis und Hirse, Afrika die Moorhirse, Amerika den Weizen beigetragen. Verwandt sind durch ihren Mehlgehalt die Brotfrucht, die vom südöstlichen Asien durch ganz Polynesien verbreitet ist, so daß ihr ursprüngliches Verbreitungsgebiet mit dem der malayo-polynesischen Völkerfamilien fast zusammenfällt, die Banane, die wahrscheinlich dem tropischen Asien entstammt, die eßbare Kastanie, die Sagopalme der indischen Inseln, die Bohnen und Erbsen und verwandte Hülsenfrüchte, die meist Vorderasien entstammen

dürften. Neben diesen Nährpflanzen stehen unmittelbar die Träger mehlhaltiger Wurzeln und Knollen: die Kartoffel, die den Hochländern Südamerikas entstammt, die Batate (Ipomoea Batatas) oder süße Kartoffel, die wahrscheinlich amerikanisch ist, Taro oder Kalo (Caladium esculentum), die ursprünglich dieselbe Verbreitung und vielleicht auch den gleichen Ausgangspunkt wie die Brotfrucht in Südostasien hatte, aber früh auch nach Afrika wanderte, die Yamswurzel (Dioscorea alata), die ebenfalls aus Südasien stammt, der Maniok oder Cassave (Jatropha Manihot) aus Südamerika. Daneben werden noch manche andere mehlhaltige Knollen verwertet. Die Kokospalme, die so ziemlich an allen tropischen Küsten verbreitet ist und Fruchtmilch und nahrhaften Kern und Öl, dazu Fasern und Blätter zum Hüttendach liefert, die in den Wüstenoasen und an den trockenen Küsten Nordafrikas und Vorderasiens gedeihende Dattelpalme, der auch dem trockenen Vorderasien entstammende Feigenbaum, sind die bedeutendsten in der großen Reihe wichtiger Fruchtbäume, zu denen der Apfelbaum, Birnbaum, Kirschbaum, Orangenbaum, Zitronenbaum, Mango und viele andere gehören. Aber als zuckerliefernde Pflanzen haben das Zuckerrohr (Saccharum officinarum) aus Südasien und die Runkelrübe aus Europa eine beherrschende Stellung gewonnen; beide teilen sich heute in die Versorgung des Zuckermarktes.

Unter den Pflanzen, die Genußmittel liefern, stammt der Weinstock aus Vorderasien (s. oben, S. 568), der Kaffee aus Arabien und Ostafrika, der Thee aus den Gebirgen Südostasiens, der Maté (Ilex paraguayensis) aus dem gemäßigten Südostamerika, der Kakao (Theobroma Cacao) aus dem tropischen Amerika. Auch der nordeuropäische Hopfen und die den Pulque liefernde mexikanische Agave seien hier nicht vergessen. Unter den Betäubungsmitteln ist der Tabak amerikanisch, das Opium vorderasiatisch, der Betel (Areca Catechu) südasiatisch, die Koka (Erythroxylon Coca) peruanisch, die Kola- oder Gurunuß (Cola acuminata) westafrikanisch.

Alle Erdgürtel haben zum Arzeneischatz der Menschen beigetragen, es sind aber nur wenig Stoffe dauernd geschätzt geblieben: hauptsächlich das Opium, die in Südamerika heimische Chinarinde (Cinchona officinalis u. a.), die europäische Giftpflanze Tollkirsche (Atropa Belladonna) und das südostasiatische Pfeilgift von verschiedenen Strychnosarten. Zu den oben schon genannten Gewürzpflanzen seien noch die tropisch-amerikanische Vanille, der südasiatische Ingwer (Zingiber officinale) und nicht zuletzt die europäischen, wie Kümmel, Anis, Fenchel, genannt.

Unter den ölliefernden Pflanzen steht der vorderasiatische Ölbaum (Olea europaea) an geschichtlicher Bedeutung allen voran; der Sesam (Sesamum orientale) aus Süd- und Westasien, die Ölpalme des äquatorialen Afrika (Elaeis guinensis), die ursprünglich aus Südamerika nach Afrika übertragene Erdnuß (Arachis hypogaea), der europäische Raps sind heute die wichtigsten Ölpflanzen. Ihnen reihen wir als Lieferanten der wichtigen Gummistoffe die verschiedenen Kautschukpflanzen Südamerikas und Afrikas und die Guttapercha-Bäume Südasiens (Isonandra Gutta u. a.) an. Diese für die moderne Industrie höchst wichtigen Pflanzen werden allmählich ebenso zu echten Kulturpflanzen werden, wie die Ölpalme, die Kokospalme und so viele andere.

Gespinstpflanzen haben zuerst als Quellen der Stoffe für die Kleidung der Menschen nur hinter den Nährpflanzen zurückgestanden und gehören mit diesen zu den frühest angebauten; so der Lein, der aus Europa oder Vorderasien stammt und auch als Ölpflanze wichtig ist, der süd- oder vorderasiatische Hanf, die südasiatische und tropisch-amerikanische Baumwolle; später sind dazu die Jute aus Bengalen (Corchorus), der Manilahanf (Musa textilis), der neuseeländische Hanf (Phormium tenax), die Agavefaser (Agave Sisal) aus Yukatan und der nordafrikanische und südspanische Esparto (Macrochloa tenacissima) gekommen. Die Zahl der Färbepflanzen war einst sehr viel größer als jetzt, wo die Mineralfarben die organischen vielfach ganz verdrängt haben. Einstweilen ist noch der Indigo (Arten von Indigofera) der Alten und Neuen Welt wichtig, während Krapp, Wau und andere ganz zurückgetreten sind.

Unter den Nutzhölzern sind fast alle, die der nördlichen gemäßigten Zone angehören, vor allen aber Eiche, Buche, Fichte, Tanne und Föhre Gegenstand der Kultur geworden, die als Forstkultur den Wald in bestimmten Formen regelt und lichtet und nun auch in die tropischen Wälder eindringt, wo die Cinchonen, die Guttaperchabäume, die das Teakholz liefernden Bäume und die Mahagonibäume Kulturpflanzen werden müssen, wenn sie nicht der Ausrottung entgegengehen sollen.

Die Zahl der Haustiere ist gering; aber wie die tierische Organisation mit ihrer Beweglichkeit und der Triebverwandtschaft der Seelen der menschlichen näher steht als die pflanzliche, so sind auch einige Haustiere zu dem Menschen in viel engere Beziehungen getreten als

irgend eine Kulturpflanze. Der Hund als Gefährte und Jagdbegleiter ist uralt; man findet seine Reste in den ältesten Pfahlbauten und Kjökkenmöddingern, und er ist Gefährte australischer und amerikanischer Stämme, die sonst kein einziges Haustier haben. In ähnlicher Weise werden auch einige Vögel, besonders Papageien, Affen und andere von Naturvölkern in ihren Hütten zur Unterhaltung, als Spielgenossen, gehalten. Eine tiefere Beziehung entsteht aus der religiösen Verehrung, welche Naturvölker gewissen Tieren entgegenbringen. Die Verehrung des Bären ist allgemein nordeurasisch und nordamerikanisch. Eine ähnliche Verehrung des Pferdes, der Kuh, des Stieres, der Katze könnte recht wohl neben der einfachen Ausnutzung der

Nordamerikanische Indianer im Lager. Nach „The Living Races of Mankind"; Hutchinson u. Co., London. Vgl. Text, S. 571.

Arbeitskräfte, der Milch, des Fleisches die Erhebung zum Haustier im höheren und umfassenderen Sinne veranlaßt haben.

Im Hausrind der Gegenwart, das sich von jenseit des Polarkreises bis zur Südspitze Amerikas durch alle Zonen verbreitet hat, dürften mehrere Rassen verborgen sein. Nicht bloß Europa und Vorderasien, wo einst eine unzweifelhafte Stammart, Bos primigenius, lebte, auch Südasien mit seinem Zebu und Ost- und Südafrika mit ihrem die Grundlage des Lebens vieler Nomadenvölker bildenden Rinde dürften zur Bildung des Hausrindes beigetragen haben. Mit dem Rind ist wohl das Hirtenleben eng verbunden, aber es gehörte auch schon früh fest ansässigen Völkern; das zeigen die Pfahlbauten. Bei solchen Völkern ging das Rind seine höchst wichtige Verbindung mit dem Pfluge ein, mit dem es seine Wanderung in die Neue Welt gemacht hat; ihr verdankt der Ackerbau erhöhte Leistungsfähigkeit. Aus Südasien ist der Büffel gekommen, der als Milch- und Zugtier dem Rind zur Seite trat, freilich von dessen vielseitiger Ausbildungs- und Entwickelungsfähigkeit weit entfernt; in Tibet und angrenzenden Teilen Hochasiens ist der Yak (Bos grunniens) Reit- und Packtier geworden, ohne welches der Verkehr über die Himalayapässe undenkbar ist; sein Stammtier scheint im Rückgang zu sein. Auch der Stammvater des Schafes ist unbekannt, doch muß er dem Kreise der Wildschafe angehören, die in altweltlichen, auch

südeuropäischen Gebirgen vorkommen. Das Hirtenleben der Nomaden knüpft sich in erster Linie an die Schafherden, die ausgedehnte, wenn auch arme Weide brauchen. Die *Ziege* dürfte aus ähnlichen Gegenden stammen, wo neben Wildschafen Wildziegen weiden; beide werden nicht immer, wie heute, in die Gebirge gedrängt gewesen sein. Die Ziege ist besonders den Negern Afrikas wichtig. Das *Kamel* entstammt den Steppengebieten Innerasiens, und seine zwei Hauptabarten, das Dromedar und das zweihöckerige Kamel, dürften auf das gleiche in der Dsungarei noch in Freiheit lebende Wildkamel zurückführen. Das *Lama*, aus entfernt verwandten südamerikanischen Cameliden entsprossen, ist als Woll-, Fleisch- und Lasttier gleich wichtig; vgl. das oben, S. 567, über seine Stelle in der einheimischen Kultur Südamerikas Gesagte.

Das *Pferd* und der *Esel* entstammen dem Kreis der Wildpferde, aus dem auch neuerdings noch die Gewinnung von Haustieren versucht wurde; der Onager ist an nordwestindischen Fürstenhöfen, Equus Prschewalskii in den Hochsteppen Innerasiens, das Zebra in Deutsch-Ostafrika gezähmt worden. Unsere Pferde stammen wohl großenteils aus den asiatischen Steppen, doch hat auch Europa seine Wildpferde gehabt, die einst mit Steinwaffen gejagt wurden; den Übergang des Pferdes aus Asien nach Afrika kann man in einzelnen Fällen nachweisen, seine vollständige Einbürgerung in Amerika (s. die Abbildung, S. 570) steht im Licht der Geschichte. Erst Wagentier, dann Reittier, ist es als Werkzeug des Verkehres und des Krieges von großer Bedeutung für viele Völker geworden; der Nomadismus der Hirtenvölker empfängt erst durch das Pferd seine kriegerische Kraft. Auch der Esel ist als Reittier in wärmeren Ländern wichtig. Aus der Kreuzung des Pferdes und Esels ist das Maultier hervorgegangen. Das *Schwein* ist ein alter, schon in den älteren Pfahlbauten vorkommender Begleiter des Menschen, dem es als genügsames Fleischtier dient. Seine Rassen deuten ebensowohl auf ost- oder südasiatischen als europäischen Ursprung, wie denn seine Zucht in Ostasien und auf den pacifischen Inseln ebenso ursprünglich zu sein scheint wie in Europa. In Südasien ist ein gelehrigerer Dickhäuter, der *Elefant*, zum Last- und Reittier erzogen worden; es ist noch zweifelhaft, ob in früheren Jahrtausenden auch der afrikanische Elefant gezähmt war.

Aus der *Vogelwelt* hat der Mensch in Süd- oder Nordasien das Huhn, in Nordeuropa Gans und Ente, in Afrika das Perlhuhn, in Amerika den Truthahn und neuerdings in Afrika den Strauß gewonnen. Eine alte Erwerbung aus der *Insektenwelt* sind die Bienen und die Seidenraupe. Die Bienenzucht ist bei eurasischen und afrikanischen Völkern heimisch. Die Zucht der Seidenraupe stammt aus China, von wo sie nach Korea und Japan, Westasien und Europa verpflanzt worden ist. Die Zucht der Cochenille auf den Blättern des Feigenkaktus, die einst in Amerika blühte, ist fast erloschen, seitdem Mineralfarben das Karmin ersetzen, das seinerseits an die Stelle des Purpurs der Purpurschnecke getreten war.

C. Das Wandern der Tiere und Pflanzen.

Inhalt: Die Raumbewältigung als Merkmal des Lebens. — Die Wandertiere. — Verweilen und Wandern. — Passive Wanderung. — Eroberung oder Kolonisation?

Die Raumbewältigung als Merkmal des Lebens.

Leben ist Bewegung, die immer wieder in eine gegebene Form zurückkehrt; Leben ist eine Summe von inneren Bewegungen, die durch äußere Reize ausgelöst werden; Leben ist Stoffwechsel bei gleichbleibender Form: man sieht, in allen Definitionen des Lebens kommt die Bewegung zum Ausdruck. Dieses Leben ist nun zuerst eine innere Thatsache des Organismus; aber inneres Leben wird immer äußere Bewegung erzeugen. Jede Vermehrung der organischen Masse, jedes Wachstum, jede Fortpflanzung bedeutet eine räumliche Bewegung; und jede Bewegung ist *Raumbewältigung*. Es ergibt sich daraus eine Menge von geographischen Anwendungen und Auslegungen. Die Verästelung einer Pflanze, die Verzweigung einer Koralle sind räumliche Ausbreitungen. Aus einem Keim, der fast noch keinen Raum einnimmt, wird

ein tausendblätteriger Baum, der mit eisernen Klammern am Boden festgewurzelt zu sein scheint (s. die beigeheftete Tafel „Gummibaum und Banianenbaum"); aus der sich strahlenförmig teilenden und knospenden Koralle wird ein Riff, das die ostaustralische Küste über 15 Breitengrade hin umgürtet; das kleine Moos treibt Zweige und Ausläufer und bedeckt als Torfmoor eine Fläche von Tausenden von Quadratkilometern. Hat man nicht das Recht, zu sagen: Raumbewältigung ist allgemeine Lebenserscheinung und Kennzeichen des Lebens?

Die Bewegung des Lebens ist allseitig. Die Quelle ist beweglich, aber ihr Wasser schreitet in der Richtung der Schwere fort, und der Bach, dem sie Ursprung gibt, bewegt sich unabänderlich in dem gleichen Rinnsal hinab. Die Bewegung des Lebens quillt nach allen Richtungen über, ihr Anlaß liegt im Organismus selbst, und die äußeren Reize sind nicht notwendig, um die organischen Bewegungskräfte in Thätigkeit zu setzen. Die Raumbewältigung hat in der Reihe der Lebensformen ihre Entwickelung, oder, besser gesagt, ihre Entwickelungen, die mit den verschiedensten Mitteln in allen Gruppen der Lebewesen Bedeutendes leisten. Wir sehen bei allen uns bekannten Lebewesen aus der einfachsten und ursprünglichsten Bewegung, dem Wachstum, die willkürliche Ortsveränderung mit zahllosen verschiedenen Werkzeugen sich entwickeln. Die unwillkürliche oder passive Bewegung und Verbreitung werden bei den kleinsten Pflanzen und Tieren gerade durch die Einfachheit des Baues, die Kleinheit, die Ruhezustände, die Einfachheit der Ernährung begünstigt. So finden wir dieselben Amöben in allen Erdteilen und im süßen und salzigen Wasser, könnten tropische Infusorien nach Europa versetzen, ohne daß dadurch der Charakter unserer Infusorienfauna wesentlich geändert würde, und schöpfen ein nahe übereinstimmendes Plankton von alpinen und andinen Hochseen.

Auf höheren Stufen finden wir alle Bewegungswerkzeuge in Thätigkeit gesetzt, die im organischen Stoff zur Ausbildung kommen konnten. Schon bei den Infusorien erscheinen Wimperhaare von sehr rascher Bewegung, die sich dann durch alle Klassen des Tierreiches wiederholen; Geißeln, Schwimmblasen, Segel, Vorkehrungen zum Auf- und Absteigen im Wasser, Flieg-, Kriech-, Geh- und Kletterwerkzeuge: alles hat die Natur probiert, einiges wurde beibehalten, vieles aufgegeben, anderes erfuhr Entwickelung in die Breite und Höhe. Die Flug- und Schreitmechanismen der Vögel und Säugetiere gehören zu den vollkommensten, die man sich denken kann. Daneben geht die Ausbildung der Sinnesorgane und vieler sogenannten Instinkte auf dasselbe Ziel hin, der ganze Wuchs, die innere Lage und Beschaffenheit der Organe werden der Raumbewältigung dienstbar gemacht, die so auf allen Stufen als ein Hauptzweck der Organisationen erscheint. Selbst in dem Verlauf der Entwickelung kommt er zum Ausdruck.

Die Verwandlungen der Insekten und vieler anderer Tiere bedeuten Erleichterung der Wanderungen, indem sie das Tier in einen beweglicheren Zustand, in abweichende Medien und Nahrungsgelegenheiten versetzen. Mit den Verwandlungen ist in der Regel Wechsel des Aufenthaltes und der Nahrung verbunden: die Raupe kann an eine bestimmte Nährpflanze gebunden, also in der Verbreitung beschränkt sein, der Schmetterling ist es nicht; aber auch die Raupe ist keineswegs immer sklavisch gebunden: in Kanada ist Papilio cresphontes seit einer Reihe von Jahren von Süden her eingewandert und hat sich neue Nährpflanzen in der Familie der Rutaceen gesucht. Im Meere lebende Heuschreckenkrebse oder Stomatopoden werden durch die lange Dauer des Larvenzustandes ungemein in der Verbreitung begünstigt, denn die Larven sind vermöge ihrer Durchsichtigkeit geschützt und zugleich sehr bewegungsfähig. Cicada septemdecim hat einen Larvenzustand von 17 Jahren, eine andere, ebenfalls nordamerikanische Art hat einen von 13 Jahren, und ihre Larve lebt 2—3 m unter der Erde.

OW

Gummibaum und Banianenbaum.

Originalzeichnung von O. Winkler.

Neben allen diesen mannigfaltigen Vorkehrungen zur eigenen ausgiebigen Bewegung kamen andere Mittel zur Ausbildung, deren Ziel die Behauptung des einmal gewonnenen Platzes und der sichere, langsame Fortschritt in dessen nächster Umgebung ist. Sie haben ihre größte Entwickelung im Pflanzenreich erfahren, doch stellt auch das Tierreich eine ganze Reihe von Formen, die von einer Stelle, wo sie festsitzen, langsam um sich greifen. Nur einige niedere Pflanzen verbreiten sich durch Schwärmsporen; alle anderen bewegen sich selbstthätig nur in beschränktem Maße, indem sie von der Stelle aus, die sie festhalten, Wurzeln aussenden, Schosse treiben, Zweige bilden. Dafür spielt bei den Pflanzen das Getragen- und Getriebenwerden eine große Rolle, wozu ihre Samen und Keime viel besser geeignet sind als im allgemeinen die der Tiere. Daß aber das einfache Weiterrücken durch Ausstreuen des Samens, das Wurzelwachstum und die Knospung beträchtliche Ergebnisse in kurzer Zeit erzielt, beweist jede Wiese, die sich neu bewaldet, und jede Lichtung, die sich in wenig Jahren mit Gebüsch bedeckt.

Als Junghuhn 1837 den javanischen Vulkanberg Gelungung besuchte, also nur 14 Jahre nach dem fürchterlichen Ausbruch, der 14 Dörfer, 4011 Menschen und 4 Millionen Kaffeebäume in heißem Schlamm begraben hatte (an einigen Stellen soll der Schlamm 15 m hoch gelegen haben), fand er zu seinem größten Erstaunen den neuvulkanischen Boden von einer „dichtgewebten Wildnis überwuchert", in der Rohrgräser, Equiseten, Scitamineen, Baumfarne vorwalteten, und aus welcher selbst schon Bäume von 50 Fuß sich erhoben. Allerdings liegt diese Gegend in heißfeuchtem Tropenklima, und dem schwärzlichen Schlamm des Gelungung scheint eine große Fruchtbarkeit innezuwohnen.

Die Wandertiere.

Bei manchen Tieren ist das Wandern ein instinktmäßiges Thun, dem sie sich zu Zeiten blind hingeben. Die Zugvögel, die alljährlich von einem Lande in ein anderes, ja von einer Zone in eine andere ziehen, wobei keineswegs immer die Alten führen, sondern vielmehr oft die Jungen, die noch nicht gewandert sind, an der Spitze fliegen, die Fische, die ihre Laichplätze aufsuchen, wobei manche Arten das Meer verlassen, um in die Flüsse aufzusteigen, die Säugetiere, die dem Graswuchs nachziehen, die Meertiere, die den Scharen mikroskopischer, ihre Nahrung bildender Organismen folgen, und viele andere bieten tausend Beispiele. Solche Wanderungen setzen ungeheure Massen in Bewegung. Brehm sah die Störche im östlichen Sudân in solchen Mengen, daß sie „große Flächen längs des Stromufers oder in der Steppe buchstäblich bedeckten und, wenn sie aufflogen, den Gesichtskreis erfüllten".

Darwin schätzte einen Heuschreckenschwarm im westlichen Argentinien auf 600—900 m Dicke; in der Ferne erschien er ihm wie eine rötliche Wolke, die langsam heranzieht. Myriaden von Schmetterlingen umschwärmten Darwins Schiff 10 Seemeilen von der Küste bei ruhigem Wetter; sie waren nicht vom Winde hinausgetrieben. Es war eine Wanderung, wie sie auch von Vanessa Cardui berichtet wird.

Das Wandern der Zugvögel ändert zweimal in jedem Jahre den ganzen Eindruck unserer Landschaft. Lagunen werden fischarm, wenn bei nahender Kälte die Fische ins Meer gehen, und wimmeln dann wieder von Fischen in der Laichzeit. Im tropischen Atlantischen Ozean kommen riesige, nach der nahrungsreichen westlichen Antillenströmung gerichtete Fischwanderungen vor, die von Schiffen in 15 Seemeilen Breite durchschnitten wurden. Neben diesen herdenhaften vergesse man nicht die vereinzelten Wanderungen, durch die besonders Vögel und Raubtiere jeder Art ungeheure Verbreitungsgebiete gewinnen. Der Tiger streift in einem Strich vom Ganges bis zum Amur, der Wolf legt oft in einer einzigen Nacht 20 Wegstunden zurück. Die Vogelflugkundigen geben an, daß der Virginische Regenpfeifer in einer Nacht von Labrador nach Brasilien, das Blaukehlchen in einer neunstündigen Maiennacht von Nordafrika bis Helgoland fliege; aus ihren Beobachtungen dürfte man also schließen, daß die Erde am Äquator von

dem Virginischen Regenpfeifer in 4, vom Blaukehlchen in 5 Tagen umflogen werden würde; die Brieftaube braucht dazu 9 Tage. Im Meere haben wir Bewegungen in die Tiefe und aus der Tiefe, die denselben Zweck, die Vergrößerung des Lebensraumes, sei es zur Nahrung, sei es zur Fortpflanzung, verfolgen. Der Thunfisch ist ein Typus von Wanderfischen des Mittelmeeres, die in der kühlen Jahreszeit die Tiefe bewohnen, in der warmen in Massen an die Oberfläche steigen. Fische, die bei Nacht an der Oberfläche leben, gehen am Tag in die Tiefe. Offenbar ist es eine verwandte Erscheinung, wenn Tiere der verschiedensten Gruppen, die in niederen Breiten an der Oberfläche leben, in höheren Breiten in tiefere Schichten hinabgehen.

Diese unablässigen Bewegungen machen es erklärlich, daß, wenn ein Lebensgebiet geschaffen oder erschlossen wird, sogleich neues Leben daselbst aufsprießt. Jede frische Lichtung im Wald, jeder ausgetrocknete Teich bedeckt sich mit Pflanzen, die man vorher hier nicht gesehen hatte. Auf Endmoränen, die noch nicht 100 Jahre alt sind, sieht man zu äußerst hohe Bäume, die sich wahrscheinlich nach dem letzten großen Vorstoß von 1816 u. f. angesiedelt haben, und zu innerst Flechten und Grasbüschel von gestern. Als Keller 1886 den Kanal von Sues untersuchte, waren schon etwa 20 Arten von Mollusken unterwegs, meist vom Roten Meere her, Fische waren auch schon vom Mittelmeer nach Sues vorgedrungen; Solea vulgaris und Labrax lupus lieferten den Kanalfischern gute Ausbeute.

Indem wir die verschiedenen Grade von Beweglichkeit abstufen, finden wir drei natürliche Gruppen, die sich in den verschiedensten Klassen des Tierreiches wiederholen. Bei den Vögeln bleiben die Standvögel in der Gegend, wo sie einmal ihren Wohnsitz aufgeschlagen haben; zu ihnen gehören Auerhahn, Fasan, Sperlinge, Meisen. Die Strichvögel bleiben an einem Ort in der Brutzeit, unternehmen dann aber unregelmäßige Wanderungen, die nichts als erweiterte und zur Regel gewordene Nahrungsflüge sind. Das Wandern wird noch ein Streichen von Futterplatz zu Futterplatz sein, wo solche zugänglich sind. Wenn aber die Ente von der Nordsee bis zu den Alpen alle Teiche zugefroren findet, strebt sie in einem Flug über alle weg dem wärmeren Klima zu und wird Zugvogel.

Der erste Anlaß zum Wandern der Zugvögel liegt im Nahrungsmangel. Wir sehen daher auch die Wanderungen sich abstufen je nach der Möglichkeit, Nahrung zu finden. Der Kuckuck, der fast nur Raupen frißt, verläßt uns schon im August, kleinere, die auch später noch Würmer und Insekten finden, wie Grasmücke, Zeisig, Rotschwänzchen, erst im September, die Spechte, die jederzeit die Larven aus der Baumrinde herausholen, bleiben den Winter über bei uns. Allen diesen Bewegungen liegen offenbar uralte, als Instinkte vererbte Erfahrungen zu Grunde. Ja, daß die Wandervögel nicht den kürzesten Wegen zwischen Festländern und Inseln folgen, und vielfach nicht die Inseln, an denen sie vorbeifliegen, als Raststätten benutzen, macht es wahrscheinlich, daß sie manchen Weg schon flogen, als dessen Inseln noch Festland waren.

Die Zugbahnen der Vögel liegen für die verschiedenen Arten von Zugvögeln ganz verschieden. Sie sind viel verschiedener, als sie sein müßten, wenn alle Arten von Zugvögeln von demselben Instinkt unwiderstehlich nach Süden getrieben würden. Es gibt Vögel, die von Tunis über Sizilien nach Helgoland fliegen, und andere, die den Weg über Sardinien und Korsika nehmen. Auch die Rastplätze, als welche einzelne Stellen, z. B. am Skutarisee in Albanien, von Millionen von Vögeln gewählt werden, sind für bestimmte Arten immer dieselben.

Es gibt ein auf gewaltiger Sinnesschärfe und Erinnerungsgabe beruhendes Verhältnis der Tiere zu ihrer Umgebung, und besonders einen Ortssinn, der unser Verständnis übersteigt. Wir verstehen es schon nicht, wie ein Schwarzspecht unter tausend Stämmen eines Fichtenwaldes nach stundenlangem Flug das Astloch mit seinem Nest wiederfindet. Für uns sind alle diese Stämme einander ähnlich, der Vogel dagegen muß sie alle unterscheiden können, denn wie

vermöchte er sonst seinen Weg zu finden? Dem Lemming traut man keine große Intelligenz zu, aber sein Orientierungsvermögen muß dennoch nicht gering sein, da er seine großen Wanderungen in vielen Gegenden stets dem Meere zu richtet, in Norwegen westlich, in Schweden östlich, wobei er die Wege an Flüssen und Seen hinab vorzieht. Bei Hochfliegern kommt die Vogelperspektive zur Geltung. Im Mittelmeer werden diese Vögel das Land überhaupt nicht aus dem Auge verlieren. „Sie fliegen gewissermaßen der Karte nach, denn sie sehen alles aus der Vogelperspektive, haben Land und Wasser, Niederungen und Gebirge wie eine Reliefkarte unter sich.“ Warum sollten wir Vögel, die, in 7000 m Höhe fliegend, als schwarze Punkte das Gesichtsfeld des Astronomen durchzogen, in das Bereich der Fabeln verweisen, wenn Vögel die höchsten Alpen- und Andengipfel umfliegen?

Verweilen und Wandern.

Wenn wir also Bewegung überall im Leben finden, neben der des Wachstums die zielbewußte Bewegung in bestimmten Richtungen, beide noch unterstützt durch die mannigfaltigsten Vorkehrungen zur Verpflanzung der Lebensformen von einer Stelle zur anderen, so wäre es doch verfehlt, anzunehmen, daß die Lebensbewegung rein mechanisch zu erklären sei. Es gibt Tiere und Pflanzen, die auf einer Stelle wie gebannt leben, während andere, mit ihnen nahverwandte, die weitesten Wege zurücklegen. Einige Arten scheinen überhaupt nicht geneigt, sich auszubreiten, während andere derselben Gattung selbst unter scheinbar ungünstigen Klimaänderungen sich rasch vervielfältigen und verbreiten. Das südwestliche England hat Pflanzen und niedere Tiere, besonders Landschnecken, deren Verwandte im nahen Frankreich leben; sie sind über diesen Winkel nicht hinausgekommen; wahrscheinlich sind sie eingewandert, kurz ehe der Kanal die beiden Länder schied. Ähnliches zeigt Irland. Dort fehlt die Landschnecke Xerophilus in dem südwestlichen Strich zwischen Valentia und Baltimore; dem übrigen Irland gehört sie mit mehreren Arten an.

Innere Ursachen der Verbreitung liegen dem Haltmachen großer und kleiner Tier- und Pflanzengruppen vor unbedeutenden Wasserflächen zu Grunde. Man sieht nicht ein, warum die Malakkastraße eine Grenze für die flugkräftigen Geier Asiens, die Mosambikstraße für die Pteropus-Arten Madagaskars und der Maskarenen bildet. Wenn nicht noch schmälere Meeresstraßen von wanderfähigen Tieren nicht überschritten würden, wären die Eigentümlichkeiten des Lebens mancher landnahen Inseln gar nicht zu verstehen, die Reste einer älteren Lebewelt auf den Balearen, Korsika, Sardinien wären nicht erhalten geblieben, die Neubildungen auf den Galapagos und anderen wären nicht gediehen. Auch innerhalb der Länder fehlt es nicht an Schranken, die schmal sind und dennoch von vielen Lebensformen nicht überschritten werden. Jakobi macht darauf aufmerksam, daß die Südgrenze der diluvialen Vergletscherung in Nordamerika im allgemeinen mit der Grenze zwischen der nördlichen und südlichen Fauna Nordamerikas zusammenfällt, die im großen und ganzen dem 45. Grade nördl. Breite folgt, allerdings mit großen Vorsprüngen in den Hochgebirgen. Die Formen, die vor der Vereisung nach Süden zurückgingen, sind nach dem Rückgang des Eises merkwürdigerweise in den meisten Fällen nicht mehr auf den alten Boden zurückgekehrt, auf dem durch den Eisschutt und zum Teil wohl auch durch das Klima wesentliche Veränderungen hervorgerufen worden waren. Säugetiere, Vögel, Reptilien respektieren diese Grenze ohne jede Rücksicht auf ihre verschiedene Ausbreitungsfähigkeit, und darin hauptsächlich liegt der Grund des Unterschiedes zwischen einem nördlichen Nordamerika mit nearktischer Lebewelt und einem südlichen mit starken neotropischen Elementen.

Wir haben schon in Band I, S. 702 u. f., gesehen, wie sehr die Bodenformen und die Wasserverteilung die Wanderungen der Lebewesen beeinflussen. Freie Bahn im Tiefland, Hemmungen im Gebirge, gewiesene Wege thalauf, thalab, an Flüssen hin, dagegen Schranken in Meeresausbreitungen und oft selbst in quergerichteten Flüssen. Wälder werden ohne Berührung des Bodens von Krone zu Krone von Klettertieren und Laubbewohnern durchwandert, während sie Grasebenenbewohnern Dämme setzen. Umgekehrt sind waldbewohnende Tiere aus baumlosen Ebenen ausgeschlossen, es sei denn, daß ihnen der Mensch zu Hilfe kommt, wie in dem folgenden Falle: im Anfang des 19. Jahrhunderts fehlten die Spechte auf der Kurischen Nehrung, da sie das völlig baumlose Gebiet nicht durchwandern konnten oder mochten; seitdem haben die Telegraphenstangen ihnen Rastpunkte geboten, und sie haben, von Stange zu Stange fliegend, die ganze Nehrung in Besitz genommen.

Das Festhalten des Wanderinstinktes (selbst auf die Gefahr hin, Umwege zu machen) an Richtungen, die vor vielen Jahrtausenden unter ganz anderen Verhältnissen des Bodens und Klimas sich einer werdenden Art aufgezwungen hatten, wirft auch ein Licht auf die räumliche Selbstbeschränkung vieler Arten. Wenn die Elbe im allgemeinen die Rabenkrähe von der Nebelkrähe trennt, so ist daran weder die Breite des Stromes, noch die Tiefe seines Thales schuld; beide sind ja ganz unbeträchtlich. Es liegt hier vielmehr eine instinktive Einhaltung bestimmter Grenzen vor. Hierher gehören wohl auch die merkwürdigen Fälle, wo Organismen, die in einer Richtung gewandert sind, die Wanderung in derselben Richtung nach einer Pause wieder aufnehmen; so sind von den sogenannten sibirischen Einwanderern in der europäischen Flora und Fauna einzelne lange nach der ersten Einwanderung langsam west- und südwärts weiter gewandert, bis nach der Apenninen- und der Pyrenäenhalbinsel. Es kommt auch vor, daß ein Lebewesen, das in einem engen Raum zu ruhen schien, plötzlich mit einer gewaltigen Verbreitungskraft auftritt und in kurzer Zeit weite Gebiete überzogen hat. Dafür liefern besonders die Geschichte einiger Parasiten, wie der Phylloxera, des Coloradokäfers, dann der oft geschilderte Kampf der Wanderratte und der Hausratte klassische Beispiele. Von erdgeschichtlicher Bedeutung ist das Auftreten der Wandermuschel Dreyssena polymorpha, die in der Zeit des Geschiebemergels in Mitteleuropa lebte; sie überlebte, wie man vermuten muß, in nordeuropäischen Seen und erschien in diesem Jahrhundert plötzlich in Menge, indem sie ihre Wege durch Kanäle und langsam fließende Flüsse machte. Es scheint selbst für England ein Überleben angenommen werden zu müssen; die Angabe, daß sie künstlich eingeführt und dann 1824 dort plötzlich erschienen sei, ist unwahrscheinlich. Die im Diluvium bis Westeuropa verbreitete und neuerdings plötzlich in Innerdeutschland wieder aufgetauchte Wühlratte Microtus ratticeps stellt dieselbe Frage: Einwanderer oder Überlebsel?

Solche Fälle, die auf verborgene Ursachen des An- und Abschwellens der Bewegungen der Lebewesen hinweisen, darf man nicht gering anschlagen, weil sie jetzt noch vereinzelt sind. Sie werden sich vervielfältigen, wir werden innere oder äußere Bewegungsanstöße und -hemmnisse kennen lernen, und werden uns vielleicht nicht scheuen dürfen, sie mit Vorgängen zu verknüpfen, die über die äußerste Grenze unserer Atmosphäre hinausliegen.

Passive Wanderung.

Nicht bloß kleinste Lebewesen werden vom Winde in passiver Wanderung vertragen, auch die Keime größerer Pflanzen und Tiere führt der Wind fort. Die Überzahl sporentragender Farne und Moose in der Flora ozeanischer Inseln bezeugt es. Bei der Neubesiedelung der vulkanischen Insel Krakatoa nach dem Ausbruch von 1883 haben die Winde eine stärkere Wirkung geübt als die Wellen; sie haben Sporen von Farnen und Samen von Blütenpflanzen in das Innere der neugebildeten Insel über einen 20 Seemeilen breiten Meeresarm getragen, während eine Strandflora von ganz anderem Charakter aus Anschwemmseln entstanden ist; die 17 Arten, die als die ersten Ankömmlinge, Pioniere des Lebens, die Krakatoa-Insel besetzten,

waren 11 Farne und 2 Moose, also Sporenträger, und 4 Kompositen mit leichtbeweglichen Samen. Wenn Wassertümpel in dürren Steppen sich wenige Tage nach dem Regenguß, der sie gebildet, mit Kaulquappen, Muschelkrebsen und anderen Tieren bevölkern, so denkt man an die Beobachtung Marnos in der Nubischen Wüste, daß die papierdünne Kruste, die sich beim Verdunsten an der Stelle solcher Tümpel bildet, eine Masse Keime umschließt, die wieder zum Leben erwachen, sobald Feuchtigkeit sie durchtränkt. Wo die Samenbehälter Schleuderapparate enthalten, welche die Sporen oder Samen im Moment der Reife herausschleudern, wird natürlich der Transport noch erleichtert. Auch sind viele Pflanzen, die fliegende Samen hervorbringen, ungemein fruchtbar; wie wir im Frühling die samentragenden Wollflocken der Silberpappeln wie Schnee vor dem Wind wirbeln sehen, so treiben durch die Straßen von Buenos Aires die behaarten Distelsamen zu Bällchen vereinigt in der Luft. Die Winde arbeiten nicht nur in horizontalem Sinne, sondern Berg- und Thalwinde setzen das Leben in den Höhen und Tiefen in Verbindung.

Für die Verbreitung der Legföhren unserer Gebirge ist der eigentümliche Bau der mit Luftsäcken versehenen Pollenkörner und die Beflügelung der sehr leicht herausfallenden Samen, sowie die Größe und Zahl der Zapfen von Bedeutung, die den keimenden Samen, soweit sie nicht vom Winde fortgeführt werden, einen kräftigen Nährboden bereiten.

Die Winde tragen auch größere Tiere und Pflanzenkeime fort. Die Beobachtung Darwins, daß ein schwerfällig fliegender Schwimmkäfer, Colymbetes, sich 85 km vom Lande auf seinem Schiffe niederließ, die Thatsache, daß ein kleiner Bockkäfer 920 km und Heuschrecken 350 km von der Küste Westafrikas auf dem Meer gefangen wurden, zeigen die Wirkungen des Windtransportes. Die Spinnweben, die man über 100 km über das Meer hin hat fliegen sehen, sind wie Zwergluftballons, in deren Gondel, d. h. an einem Ende jedes Gewebes, die kleine Spinne sitzt, dergestalt ihre Wanderung vollführend. Die die Samenkörner erleichternden und ihr fallschirmartiges Fliegen begünstigenden Anhänge, wie wir sie an den Früchten der Ulmen, Ahorne und vieler Nadelhölzer finden, dienen oft mehr der gleichmäßigen Verbreitung in den dem Stammgebiet benachbarten Räumen als dem Transport über weite Entfernungen hin. Daß gebirgsbewohnende Bäume Südeuropas, wie Ahorne und Tannen, den Hochgebirgen Afrikas fehlen, beweist die geringe Wanderfähigkeit ihrer Samen, trotz ihrer Fluganhänge.

So wie der Bach in der Richtung die Pflanzenkeime fortträgt, in der er fließt, führen die Winde geflügelte Tiere in der Richtung ihres regelmäßigen oder vorwaltenden Wehens fort.

Die „Annalen der Hydrographie" schrieben 1898: „Durch aus ablandiger Richtung wehende Stürme werden jährlich unzählige Landvögel auf das Meer hinaus verschlagen. Wenn sich einzelne derselben auf Schiffen niederlassen, sind sie in der Regel schon derart abgemattet, daß sie sich nicht mehr erholen können und sterben. Zuweilen gelingt es indessen der Schiffsmannschaft, doch einen dieser verschlagenen und auf dem Schiff gefangenen Vögel am Leben zu erhalten, und es sind dadurch den Tiergärten schon nicht selten ganz wertvolle Vögel zugeführt worden". Wir finden dort unter anderen vier grüne Papageien genannt, die bei Staaten-Land in 55° südl. Breite sich auf dem Schiffe niederließen. Selbst so ausgesprochene Landbewohner wie Kolibris hat man im Antillenmeer fliegen sehen. — Die Schmetterlinge Neuguineas zeigen deutlich den Einfluß der vorwaltenden Luftströmungen, sie sind fast ausschließlich malayisch in der dem Nordwestmonsun offenstehenden Astrolabebucht, wogegen australische Formen an dem dem Südostpassat offenen Hüongolf häufig sind.

Über einzelne Wanderungen mit den Strömungen des Meeres haben wir oben, S. 250 u. f., gesprochen. Die Meeresströmungen mögen erklären, warum die Kanarien mehr europäische als afrikanische, vielleicht auch, warum die Hawaiischen Inseln eine ganze Anzahl von nordamerikanischen Elementen in ihrer Fauna haben. Nicht bloß die großen Meeresströmungen kommen hier in Betracht. Wir wissen, daß die Fische und andere Seetiere mit den

Strömungen wandern, die Wasser von bestimmtem Salzgehalt und bestimmter Wärme führen. So erklärt sich das unregelmäßige Auftreten des Herings in der östlichen Nordsee durch das unregelmäßige Vordringen des Nordseewassers in die Ostsee.

Dem passiven Transport verwandt ist das Wandern eines Lebewesens im Gefolge eines anderen. Den Zügen wandernder Wiederkäuer folgen in den Steppen Südafrikas und Nordamerikas immer die Raubtiere; Eisfüchse umschwärmen die Lemmingzüge, wie Raubfische die großen Wanderzüge der Heringe und Thunfische begleiten. Schwächere Organismen schließen sich selbständig an stärkere an und erobern in deren Gefolge Räume, die sie mit eigener Kraft nie zu erwerben vermocht hätten. Die Verbreitung der Wanderratte und der Schneemaus zeigt uns sogar ein Hinausgreifen über das Verbreitungsgebiet des Menschen in Gebiete, wo dieser nur vorübergehend verweilt. Endlich dienen größere Tiere kleineren einfach als Transportmittel. Die Schmarotzer, die auf oder in ihren „Wirten" wandern, sind eine große Gruppe für sich. Seitdem Darwin auf den Transport von Pflanzen- und Tierkeimen an den Schwimmhäuten, Schnäbeln, Zungen und Gefiedern von Wasservögeln aufmerksam gemacht hat, sind an diesen Organen Eier der verschiedensten niederen Tiere, encystierte mikroskopische Pflanzen und Tiere, Diatomeen, Statoblasten von Plumatella repens, Schalen von Ostrakoden, Cladoceren, Philodina, Rhizopoden und noch manche andere gefunden worden.

Durch die Wolle oder die Haare des Felles der Säugetiere werden Pflanzensamen verschleppt, die sich darin festsetzen: Willkomm spricht von einer Unmenge von Pflanzen, die aus den Winterweiden der Ebenen Estremaduras und Andalusiens durch die Schafherden auf die höher gelegenen Plateauländer Kastiliens, Leons und in die Gebirge vertragen werden. Das Hinaufwandern der Düngerflora und -fauna durch weidende Herden findet sich in allen Gebirgen mit Alpwirtschaft. In die ostafrikanischen Gebirgsfloren sind durch die Herden der Nomaden zahlreiche Steppenpflanzen eingebürgert worden.

Darwin hielt es sogar für möglich, daß die eigentümliche Verbreitung kleiner Nagetiere über einige Inseln des Chonos-Archipels der Verschleppung durch große Raubtiere zugeschrieben werden könne, die solche Tierchen lebend in ihre Nester bringen. Von dem Asklepiadeenstrauch Gomphocarpus fruticosus wird auf Gomera erzählt, daß seine behaarten Samen von einem Heuschreckenschwarm mitgebracht worden seien. Körnerfressende Vögel gehören sicher zu den wirksamsten „Verfrachtern" von Pflanzenkeimen; denn viele Vögel werfen Unverdauliches und damit auch Samenkörner in Ballen aus, und diese Samenkörner keimen leicht. Daß aber auch kleine Insekten in dieser Richtung thätig sind, hat erst die Verbreitung verschiedener Cyclamen-Arten gelehrt, deren Samen durch Ameisen verschleppt werden, welche sie wegen ihres nahrhaften Inhaltes wegtragen und an Orten, besonders in Löchern und Spalten, niederlegen, die für die Keimung günstig sind, und sie dann vergessen. Zu dem, was wir über den Transport durch Meeresströmungen oben S. 250 u. f. gesagt haben, möchten wir noch die Beobachtung nachtragen, daß man schwimmende Bäume und Rohrinseln, die der Kongo hinausgetrieben hat, vor der afrikanischen Küste bis Kap Lopez findet. Vor schwimmenden Bäumen hat auch an der süd- und mittelamerikanischen Küste der Schiffer sich zu hüten, und noch jüngst wurde an der Südküste Japans vor ihnen gewarnt, da sie oft stark genug sind, um die Schrauben zu beschädigen. Das Vorkommen der Meerkatzen auf San Jago, einer der Kapverdischen Inseln, ist einer von den Fällen, wo man an das Hinübergetragenwerden auf Bäumen vom Festland denken mag.

Eroberung oder Kolonisation?

Das Interesse aller dieser Fälle von passiven Wanderungen liegt in dem Nachweis, daß durch viele Mittel die natürliche Beweglichkeit der Lebensformen gesteigert werden kann. Aber

wenn man nun die wirkliche Verbreitung der Lebewesen ansieht, kann man doch diesen Hilfsmitteln der passiven Wanderung nicht so große Wirksamkeit zusprechen, wie Darwin und Wallace thaten. Darwin hat zwar für Cyclostoma elegans und Helix pomatia, Lungenschnecken, die sich durch Gehäusedeckel schützen, experimentell nachgewiesen, daß sie im verschlossenen Zustand einen langen Aufenthalt im Wasser ertragen können; aber trotz ihrer weiten Verbreitung im kontinentalen Westeuropa und England fehlen sie Irland, von entlegeneren Inseln, wie den Kanarien und Madeira, zu schweigen. So ist auch das Fehlen unseres Frosches, dessen Laich angeblich leicht verschleppt wird, und unserer Reptilien, die auf Baumstämmen übersetzen konnten, in dem landnahen Irland auffallend. Und umgekehrt mahnt uns die hohe Zahl von eigentümlichen Lebensformen der Inseln, die zum Teil sehr transportabel zu sein scheinen, den „Verkehrsmitteln" der Pflanzen und Tiere nicht allzu große Leistungen zuzutrauen.

Die Antillen liegen der Neuen Welt sehr nahe. Sie nähern sich mit den Bahama Nord-, mit Kuba Mittel-, mit Trinidad Südamerika und bilden insgesamt eine regelrechte Kette zwischen den beiden Hälften von Amerika. Dennoch ist ihre biogeographische Selbständigkeit beträchtlich. Diese Inseln haben keinen einzigen von den großen Säugern des amerikanischen Kontinentes, kein Raubtier, keinen Affen, keine Edentata. Zahlreich sind die Nager und zahlreich auch die Insektenfresser, die auf dem nahen Festland fehlen, dagegen afrikanische Verwandtschaften zeigen. Nach Trinidad tritt noch eine Reihe der großen Säuger Südamerikas über: das entspricht dem einstigen Zusammenhang dieser Insel mit dem Festland, den auch die Bodengestalt bezeugt. — Baurs Untersuchungen über die Galapagosinseln haben uns von dem Einfluß der Inseln auf die Erzeugung und Erhaltung neuer Lebensformen ein ganz anderes Bild gegeben als Darwins flüchtigere Beobachtungen. Von den 12 bis 15 kleinen vulkanischen Inseln hat fast jede einzelne eine Lebewelt für sich. Es gibt flugkräftige Vogelarten oder -abarten, die nur auf einer Insel vorkommen, auch von der Riesenschildkröte sind einige Arten auf je eine Insel beschränkt. Von der Reptiliengattung Tropidurus hat nicht eine einzige Insel mehr als eine Form, und jede Insel enthält eine charakteristische. Ähnlich sind Geckonen und Heuschrecken verbreitet. Von 181 endemischen Pflanzenarten sind 123 ausschließlich auf einzelnen Inseln gefunden worden; es wiederholt sich mehrmals der Fall von Tropidurus, daß von einer Gattung jede einzelne Art ihre besondere Insel hat. Das ist es, was Baur harmonische Verbreitung genannt hat; es ist die leise, mit der Entfernung abnehmende Abstufung der Variationen einer einzigen Stammart, deren zusammenhängendes Lebensgebiet zerteilt wurde. Zufällige Wanderungen erklären dies nicht, sondern nur die Lösung eines alten Zusammenhanges mit darauf folgender Absonderung und Differenzierung.

Für die Bewegung des Lebens sorgt die Natur allezeit; die Schwierigkeit ist das Festhalten des neuen Bodens, den eine Bewegung gewonnen hat. Man spricht zu viel von Wanderungen und erwägt zu wenig die Festsetzungen und ihre Schwierigkeiten. Könnten sich die Biogeographen entschließen, statt Wanderung Kolonisation zu sagen, so wäre eine der größten Ursachen von falschen und fälschenden Vorstellungen über die Verbreitungsgeschichte der Pflanzen, Tiere und Völker vermieden. Aber man denkt sich Tier- und Pflanzenwanderungen gerade wie Völkerwanderungen auf bestimmten Wegen fortschreitend, von einem Ausgangs- auf einen Zielpunkt hin, und so zeichnet man ja auch schematische Wanderwege als Linienbündel, die von einem Punkte ausgehen, auf einen anderen Punkt ziehen und einander scharf schneiden, was dann allerdings ganz in der Luft steht. Solche Wege legt wohl die einzelne Pflanze oder das einzelne Tier zurück; das Volk, die Rasse, die Arten aber können nur kolonisierend wandern. Nur in solchen Fällen kann man von bestimmten Wegen sprechen, wo natürliche Umstände der Wanderung zu Hilfe kommen und die Festsetzung und weitere Ausstrahlung begünstigen. So zeigt das östliche Deutschland Kolonien von Steppenpflanzen des Ostens im Urstromthal der Weichsel, Netze, Warthe, und andere, ähnliche Kolonien verbinden das südrussische Tschernosemgebiet mit dem Nordrande der deutschen Mittelgebirge.

Das älteste Beispiel von Kolonisation bieten die von **Barrande** entdeckten, einst so viel umstrittenen Kolonien älterer Silurtiere in jüngeren Schichten der Silurformation. In ähnlicher Weise hat man später in Nordamerika im unteren Karbon Kolonien von Devontieren entdeckt. Zahlreiche andere „Rekurrenzerscheinungen“, zeigen, wie in einer jüngeren Formation ältere Formen kolonienweise auftreten, die sonst darin erloschen sind. Sie müssen also aus einem Gebiete eingewandert sein, wo sie noch fortlebten. Es liegt darin auch ein greifbarer Beweis dafür, daß es Unterschiede und Trennungen der Meere und Länder in allen geologischen Zeitaltern gegeben hat.

Was man Wanderung nennt, ist also in Wirklichkeit das **Wachstum eines Lebensgebietes** über seinen alten Raum hinaus, dem man mit Linien gar nicht gerecht werden kann, weil es eine große flächenhafte Erscheinung ist. Aus ähnlicher Erwägung schlägt Jacobi vor, den Namen Ausbreitungsgebiete statt Wanderwege oder gar Wanderlinien zu gebrauchen: „das Erzeugnis des Triebes der Lebensgemeinschaften nach Ausdehnung ihres Areals, nicht bloß Straßen für kürzere Wanderungen.“ Die postglaziale Einwanderung nach Mitteleuropa bedeutet die Ausdehnung nord- und mittelasiatischer Wohngebiete nach Europa, zum Teil bis zum Westrand, in einzelnen Fällen sogar bis in die Britischen Inseln. Solche Ausbreitung wird in der Regel, geleitet durch die Lebensbedingungen ihres Gebietes, in einer Hauptrichtung vor sich gehen, so damals mit der Ausdehnung des Steppenklimas aus Asien nach Europa in westlicher, vorher mit der Ausbreitung des arktischen Klimas über das nördliche Eurasien und Amerika in südlicher Richtung. Innerhalb dieser Richtung konnten aber sehr verschiedene Wege nebeneinander laufen oder einander kreuzen. Europa hat in der Eiszeit eine Mehrheit von skandinavischen Pflanzen erhalten, die geradeswegs südwärts wandern konnten, es hat aber auch grönländische, spitzbergische auf alten Landverbindungen, nord- und mittelasiatische und, wahrscheinlich auf dem Wege über Asien, nordamerikanische empfangen. Dabei kann eine und dieselbe Art aus ganz verschiedenen Richtungen angelangt sein. Man nimmt von der Haubenlerche an, daß sie mit der römischen Kultur von Südwesten her eingewandert sei; aber eine neue Schar von Osten her wandernder scheint mit diesen älteren nun zusammenzutreffen. So erklärt sich vielleicht auch das Vorhandensein von zwei Varietäten des Renntiers in Europa, wovon die eine im westlichen Europa und in Amerika, die andere im östlichen Europa und in Asien lebt; ein nordatlantischer Landzusammenhang konnte jener die Brücke zur Einwanderung bieten, während diese von Nordosten kam. So ist auch gar nicht ausgeschlossen, daß irgend eine Art, die den Alpen und dem Hochgebirge Skandinaviens gemein ist, aus demselben Ursprungsgebiet in Nordasien oder Nordamerika oder in der Arktis auf östlichem Wege nach den Alpen, auf westlichem nach Skandinavien gelangte.

Die klimatischen und morphologischen Veränderungen, die in den Lebensräumen ununterbrochen vor sich gehen, werden auch immer wieder große Bewegungen ihrer Bewohner hervorrufen, denn sie werden in irgend einem Sinne Lebensbedingungen ändern, die sie entweder günstiger oder ungünstiger gestalten. Wenn aber eine große Kolonisationsbewegung der Pflanzen und Tiere stattfindet, wird sie immer nach einem Lande gerichtet sein, wo die Lebensbedingungen günstiger sind als in dem bisherigen Wohngebiet. Nicht auf den absoluten Wert dieser Lebensbedingungen kommt es dabei an, sondern auf deren Unterschied. Eine Flechtentundra bietet sehr ungünstige Lebensbedingungen, aber sie sind immer noch günstiger als die eines Landes, das vom Eis überflossen oder vom Flugsand zugedeckt wird; hier wird also die Bewegung nach der Flechtentundra gerichtet sein. Es kommt auch nicht darauf an, wie der Unterschied entstanden ist; das eine Land kann sich verschlechtert, das andere verbessert haben: die Wirkung auf das Leben ist am Ende dieselbe, denn überall wird eine Bewegungstendenz, man könnte sagen ein Gefälle,

von dem weniger guten nach dem besseren Lande bestehen. Beobachten wir im Kleinen eine Überschwemmung oder Sandverwehung. Was sehen wir? Eine Anzahl von Lebewesen wird einfach vernichtet, verschüttet, anderen werden die Ausbreitungsmöglichkeiten in allen den Richtungen abgeschnitten, aus denen das Hindernis kommt, und sie werden gezwungen, die entgegengesetzten einzuschlagen; ein vorrückender Gletscher drängt sie so weit fort, als sie sein Lokalklima nicht ertragen. Sie verbreiten sich nun über den freigebliebenen Boden, und da viele Lebensformen das gleiche Schicksal erfahren, entsteht eine jener Zusammendrängungen, denen eine große Bedeutung für die Entwickelung der Lebensformen zuerkannt werden muß (vgl. S. 590). Wir sehen im ganzen östlichen Europa eine bis tief nach Mitteleuropa hineingreifende Kolonisationsbewegung von Pflanzen und Tieren sich vollziehen, die eng zusammenhängt mit der Wiederherstellung der für Steppenbewohner günstigen Lebensbedingungen. Die Entwaldung, der die Schaffung von steppenhaft ausgedehnten und einförmigen Heiden, Wiesen und Getreidefeldern auf dem Fuße folgt, bahnte den Einwanderern aus Osten neue Wege, und wir sehen unter unseren Augen diese „Kultursteppe" Waldgebiete zurückerobern. Aber es kann heute kaum mehr in Frage gestellt werden, daß auch klimatische Veränderungen an dieser Bewegung ihren Anteil haben, die wir allerdings deutlicher an der Arbeit sehen in dem Grenzgebiet von Steppe und Wüste, wo Tausende von Stellen, die in geschichtlicher Zeit Städte trugen, der Wüste anheimgefallen sind.

Seitdem Pallas die Grenzen einiger Westwanderer in Osteuropa genauer bezeichnete, sind von den steppenbewohnenden Säugetieren der Große Pferdespringer, der Ziesel, vielleicht auch die nordische Wühlratte, der Hamster, unter den Vögeln eine Anzahl von Ammern, die Lasurmeise, die Berglerche, die Wacholderdrossel, der Buntspecht, der sibirische Star, von Raubvögeln der Altai-Seeadler, der Rotfußfalke und der Steppenweih westwärts vorgedrungen. Einige sind erst bis zur mittleren Wolga gelangt, andere stehen schon am Rhein. Ihre Vorgänger, teilweise dieselben Tiere, die heute wieder diese Richtung eingeschlagen haben, waren in größerer Zahl und Mannigfaltigkeit in jener postglazialen Steppenperiode, die uns A. Nehring in seinem klassischen Werke „Tundren und Steppen der Jetzt- und Vorzeit" kennen gelehrt hat, bis an den Ozean und bis an die Garonne gewandert. — Ebenso merkwürdig wie die Einwanderung ist der Rückzug der einst aus dem Osten nach Mittel- und Westeuropa vorgedrungenen Lebewesen aus ihren Westgebieten, die allem Anschein nach die jüngsten Bezirke ihrer Wohngebiete sind. Das Renntier hat wohl noch in geschichtlicher Zeit in Westeuropa gelebt, in Schottland vielleicht noch vor sieben Jahrhunderten; der Bär, der Wolf, der Vielfraß sind zuerst in Großbritannien, dann in Mitteleuropa verschwunden. Mit dem Renntier hat sich der Lemming nach Skandinavien zurückgezogen. Wisent und Elch halten sich nur noch gehegt auf der Ostschwelle Mitteleuropas. Ist das nicht wie ein Zurückfluten nach dem alten Ausgangsgebiet, dem Osten? Dabei ist sehr merkwürdig, wie von den nach der Eiszeit in Mitteleuropa eingewanderten Steppenbewohnern die Pflanzen zum Teil geblieben, die Tiere aber meist verschwunden sind. Der Hamster kam einst, wie Fossilreste zeigen, in Zentralfrankreich vor, heute lebt er westlich von den Vogesen nicht mehr. Bis an die Ostschwelle Europas ist Arctomys Bobac zurückgegangen, der einst ebenfalls in Europa wohnte, nun aber fast rein asiatisch ist. Deshalb ist auch die Gestalt der Verbreitungsgebiete so vieler von diesen eurasischen Formen: breit nach Osteuropa zu, schmal und zersplittert nach Westen auslaufend, typisch.

Es hat offenbar die langsame Verbreitung Schritt für Schritt, welche nicht einfach Wanderung, sondern Besitznahme und Kolonisation ist, eine größere Bedeutung für die Verbreitung des Lebens als alle Mittel des passiven Transportes. A. R. Wallaces Behauptung in „Island Life": „Wo wir finden, daß eine beträchtliche Zahl von Säugetieren in zwei Ländern verwandt sind, können wir sicher sein, daß eine Landverbindung oder wenigstens eine Annäherung auf wenige Meilen vorhanden gewesen ist" kommt uns heute schon viel zu eng vor. Wir brauchen die Landverbindung für 99 Prozent aller Tiere, welche Inseln bewohnen und nicht flugkräftig sind, und fast für alle inselbewohnenden Pflanzen.

Aber auch selbst die schrittweise sich vollziehende, unter Festsetzung und Einwurzelung fortschreitende kolonisierende Verbreitung führt nicht an allen Stellen zum Ziel. Die verhältnismäßig große Leichtigkeit, womit Kulturpflanzen und Haustiere akklimatisiert werden, darf nicht über die Schwierigkeiten täuschen, mit denen die Selbsteinbürgerung wandernder Tiere verbunden ist. Wir kennen das Auftreten und Wiederverschwinden osteuropäischer Tiere in Mitteleuropa, z. B. des Steppenhuhnes, das 1863 und 1888 in größeren Zügen auftrat, die bis nach England gelangten. Wahrscheinlich wiederholt sich dieses Erscheinen seit vielen Jahrhunderten, hat auch in einigen Fällen zu vorübergehenden, aber niemals zu dauernden Festsetzungen geführt. Carpodacus erythrinus, der in Osteuropa brütet und im Westen als häufiger Besucher erscheint, ist uns schon um einen Grad näher. Wenn wir die westlichen Grenzlinien eurasischer Tierformen betrachten, so sehen wir eine große Anzahl, die in verschiedenen Entfernungen vom Atlantischen Ozean ziehen, einige treten nur eben noch über die Schwelle Europas herein, wie die osteuropäisch-westsibirischen oder -kaspischen Formen (Saiga-Antilope, Agama, Phrynocephalus), während andere bis England vorgedrungen sind. Auch hier gewinnen wir den Eindruck, als ob wir am Strande eines Landes stünden, auf dessen Sandufer von Osten kommende Wellen mit verschiedener Kraft ihre Spuren gezeichnet haben. Ebenso sind auch nordische Pflanzen nicht über die Sudeten oder die Karpathen vorgedrungen, während so viele andere bis in die Alpen gelangt sind. Sicherlich hat mit diesen Ungleichheiten oft ein unbekannter Widerstand der Einbürgerung zu thun. In Irland, wo nur der nordische Lepus variabilis vorkommt, hat man zahlreiche Versuche gemacht, den gewöhnlichen Lepus europaeus einzubürgern: ohne jeden Erfolg. Und doch sind wir wohl alle geneigt, unseren Hasen, der sich rasch vermehrt, als ein sehr verbreitungskräftiges Tier anzusehen.

Klima und Boden begünstigen in verschiedenem Maße die Kolonisation. Wie bei den Kolonisationen der Menschen von Anfang an viel darauf ankommt, daß die erste Festsetzung unter günstigen Bedingungen geschieht, damit eine dauernde Fußfassung in dem neuen Gebiet und damit ein neues Ausstrahlungsgebiet gewonnen wird, so ist es auch bei der Neugewinnung von Wohngebieten durch Pflanzen und Tiere. Als nach der Eiszeit die Bewegung aus den wärmeren Gegenden Europas nordwärts zurückflutete, war sicherlich das klimatisch begünstigte Thal der Garonne für die aus wärmeren Regionen einwandernden Pflanzen eine Ansiedelungsstelle ersten Ranges. Dem Südosten gegenüber mußte in ähnlicher Weise ein Land wie Böhmen mit seiner südlichen Lage, dem tiefen Niveau seines Inneren, seiner schützenden Umrandung bei der Wiederbesiedelung des vom Eis verlassenen norddeutschen Bodens eine große Rolle spielen. So wie hier tiefgelegene, milde, erleichtern anderwärts hochgelegene, rauhe Länder das Eindringen der an ihr Klima angepaßten Lebewesen. Aber noch in größerem Maße ist jede Halbinsel und jede auf ein Festland hin ziehende Inselkette in dieser Weise Brücke und Akklimatisationsgebiet. Florida, die Japanischen Inseln, die australische Yorkhalbinsel bieten dafür manche Beispiele.

D. Lage und Gestalt biogeographischer Gebiete.

Inhalt: Die biogeographische Lage. — Übereinstimmungen des Lebens auf Inseln und Hochgebirgen.

Die biogeographische Lage.

Die Lage bezeichnet die Stelle eines Lebewesens auf der Erde. Auf die Frage Wo? erhalten wir Antworten wie: unter dem Äquator, am Pol, unter dem 50. Grad nördl. Breite,

unter dem 15. Grad östl. Länge. Aber noch viele andere Antworten sind auf diese Frage möglich, denn wir beziehen die Lage nicht bloß auf die Gesamterde, sondern auf jeden Teil der Erde bis herab zu der kleinsten Insel, zu der eine andere kleine Insel, eine Klippe oder Sandbank in einer Weise gelegen ist, die für ihre Bewohner von Bedeutung ist. Ob eine vereinzelte Zirbe oder Lärche der Alpen auf der West- oder Ostseite eines Berges wächst, ob eine Spinne im Hintergrunde oder am Eingang einer Höhle lebt, ist nicht ohne Bedeutung. Jedes Lebewesen hat so viel Lagen, als es Beziehungen unterhält. Eine Pflanze, die in einem Teile Nordamerikas, sagen wir am Mohawk, wächst, empfängt davon die Einflüsse der Nordhalbkugel, der Westhalbkugel, des nordamerikanischen Monsunklimas, des alten Gebirges der Alleghanies, der besonderen Ausbildung der Silurformation in jener Gegend, der Nähe der Großen Seen, der Nähe der weiten, feuchten Wälder der Nordalleghanies und noch viele andere Einflüsse, die alle zu dieser Lage gehören. Und auch diese Pflanze selbst, so klein sie ist, trägt zu den Eigenschaften dieser Lage bei. Man kann also nicht mit einem Worte alle diese Lagebeziehungen ausdrücken, sondern nur die wichtigsten; und bei diesen kommt es darauf an, daß man sie in der richtigen Reihenfolge anschaut.

Von der geographischen Lage eines Lebensgebietes hängt zuerst die Wärme und Feuchtigkeit ab, die seine Bewohner empfangen, und der Luftdruck, unter dem sie leben. Andere Wirkungen der Lage gehen aus dem Verhältnis eines Lebensgebietes zu den Formen des Bodens und der Wasserverteilung hervor; davon hängt zunächst die Größe, dann aber auch die Erstreckung und Gestalt des Lebensgebietes ab. Besonders ergeben sich daraus Festland- und Insel-, Küsten- und Binnenland-, Tiefland- und Gebirgslagen. Endlich wirken die Lebensgebiete selbst aufeinander, woraus sich die Nachbarlagen ergeben, durch die wiederum die Größe, Gestalt und Erstreckung jedes einzelnen Lebensgebietes bestimmt wird.

Gleich allen anderen Eigenschaften der Lebensgebiete ist auch die Lage und Gestalt Veränderungen unterworfen. Weder die Wirkung der Sonne noch die Bodenformen und die Wasserverteilung bleiben dieselben, und mit jeder Änderung eines Lebensgebietes ändert sich natürlich auch dessen Verhältnis zu den Nachbargebieten. Die Geschichte des Lebens der Erde besteht in einer unabsehbaren Reihe von Verschiebungen der Lebensgebiete. So hat jede biogeographische Lage auch ein historisches Element in sich, das wir, vielleicht unbewußt, andeuten, wenn wir in den Beschreibungen der Lebensverbreitung von zurückgedrängten, zersplitterten, ausstrahlenden Lagen sprechen. Ja, sogar die tiefsten Probleme der Lebensentwickelung berühren wir, wenn wir nach der Lage eines „Schöpfungsmittelpunktes" fragen oder die Veränderungen zu erkennen suchen, die das Leben der Erde überhaupt erfahren hat, als es vielleicht zu einer Zeit die ganze Erde überzog, um sich dann wieder, z. B. in der Eiszeit, zu einem gürtelförmigen Lebensraum in äquatorialen Breiten zusammenzuziehen. Aus der Lage der Lebensräume von heute zueinander, aus ihrer Größe und Gestalt muß sich dann die Richtung ergeben, in der sich die Veränderungen bewegten, denen sie unterworfen waren. Eine Tier- und Pflanzengeographie der einzelnen geologischen Zeitalter ist das aufs dringendste zu wünschende Ziel aller biogeographischen Forschung.

Die Zonenlage ist den Gebieten aller Lebewesen eigen, die klimatisch beschränkt sind; wir haben sie daher im Abschnitt „Klima und Leben" betrachtet (vgl. besonders S. 525 u. f.). Gering ist die Zahl der Pflanzen und Tiere, die durch alle Zonen verbreitet sind; selbst der Mensch ist nicht kosmopolitisch im eigentlichen Sinne des Wortes. So ist also für die meisten Bewohner der Erde die Zonenlage sehr wichtig. Sie entsteht außer durch die Lage zur Sonne mittelbar noch durch die zonenförmige Verbreitung des Landes in der Nordhalbkugel, wo die

große und folgenreiche Übereinstimmung der eurasischen und nordamerikanischen oder paläarktischen und nearktischen Pflanzen, Tiere und Menschenrassen dem großen Landgürtel entspricht, den wir im 1. Band, S. 271 und 356, geschildert haben. Da das Leben nach beiden Polen zu immer ärmer wird, ist für weitaus die meisten Lebewesen die Lage in einem Gürtel gegeben, der zwischen den beiden kalten Zonen liegt; die Ökumene des Menschen ist das größte Beispiel eines solchen Lebensgürtels. Die Gebiete der Landbewohner bilden keinen vollständigen Gürtel um die Erde, sie zeigen nur eine Tendenz zum gürtelförmigen. Vergleicht man z. B. die Verbreitungsgebiete der langsam wandernden Vögel, wie der Trappe, oder der hinsichtlich ihrer Nahrung beschränkten Vögel, wie des Nußhähers, mit denjenigen von Schnellseglern und Omnivoren, so sind jene nicht bloß kleiner, sondern haben auch eine entschiedene Tendenz, in gleicher Breite sich zu erstrecken; das Gebiet der Trappe ist auf 8 Breitengrade eingeschränkt, das der Mauerschwalben auf 100 ausgedehnt. Auch ist nicht zu verkennen, daß die nördlichen und südlichen Grenzlinien der Organismen im allgemeinen gleichmäßiger, mehr ausgeebnet als die östlichen und westlichen sind.

Wohl gibt es Arten, die von den Ebenen bis in Gebirgshöhen mit ganz übereinstimmenden Eigenschaften verbreitet sind; aber häufig sind auch die Beispiele von übereinandergeschichteter Lage naheverwandter Arten in aufeinanderfolgenden Höhenzonen, die nicht gerade klimatisch bedingt sein müssen. Auf einer und derselben antarktischen Insel oder Klippe wohnen die Pinguine über den Seehunden, deren Fleischhunger sie zu fürchten haben, und unter den höheren Vorsprüngen die trefflichen Flieger. Wir sehen keinen klimatischen Grund dafür, daß Leucosticte Brandtii die Schneegebiete der Gebirge Zentralasiens nicht verläßt; der eigentliche Alpenvogel des Tiënschan, Fringilla nivalis, dagegen steigt im Winter an den Fuß der Gebirge herab. Wo klimatische Höhenzonen Berge ganz umzirkeln, ist eine Insel gewissermaßen von einer anderen umgeben. Die drei glänzenden Apolloschmetterlinge der Alpen: Parnassius Apollo, Delius und Mnemosyne, findet man in dieser Reihenfolge in den tieferen, höheren und höchsten Alpenregionen. Die klimatischen Höhenzonen zeigen diese übereinandergeschichtete Lage an jedem einzelnen Berge: die Steppenregion reicht am Kilimandscharo bis 1700 m, darüber folgen ein tropischer Regenwaldgürtel von 1200 m Breite und ein Kulturgürtel ackerbauender und viehzüchtender Völkchen, Grasflächen und Strauchinseln bis zu den letzten, in 4700 m Höhe beobachteten Blütenpflanzen und ein Tierleben, das mit diesen Vegetationsgürteln sich abstuft.

In der Lage des Gebietes einer Pflanzen- oder Tierform, einer Menschenrasse oder Völkervarietät ist wohl immer schon vorgezeichnet, welche Entwickelung daraus hervorgehen wird. Entweder ist die Berührung mit den nächsten Artverwandten eng und mannigfaltig, so daß die Vermischung mit ihnen jede Befestigung neuer Merkmale verhindert, oder es tritt die Absonderung von Artverwandten ein, welche die Befestigung und Häufung neuer Merkmale begünstigt. Das ist der Fall, auf den Moritz Wagner seine Sonderungstheorie gründete. Darin liegt die Begünstigung der Inseln, Berge, Höhlen und anderer abgesonderter Örtlichkeiten für die Artbildung. Auch ohne Beweise für jene Theorie suchen zu wollen, sehen wir mit Schauinsland in dem weiten Auseinandergehen der Lebensformen der Hawaïschen Inseln voneinander und von den Nachbarinseln und -ländern den Beweis, daß die Einwanderungen gleicher Arten selten stattfanden, „so daß die ursprünglichen altertümlichen Formen beibehalten und nicht durch verschiedene Kreuzungen verändert wurden“. Aber nicht bloß altertümliche Formen konnten auf diese Weise erhalten, sondern auch junge Umbildungen konnten geschützt, befestigt werden.

Daher die entscheidende Wichtigkeit des Unterschiedes zusammenhängender und getrennter Lagen. Entsprechend der Verteilung von Land und Wasser haben wir nun in der

Biosphäre ein zusammenhängendes Gebiet des Lebens im Wasser und eine Anzahl insularer Gebiete des Lebens auf dem Lande zu unterscheiden. Wie also die zusammenhängende Lage bezeichnend ist für das Leben des Meeres, so ist die insulare Lage die naturgebotene aller Landbewohner. Die Bewohner Eurasiens und diejenigen Australiens, die Grönlands und die der Osterinsel, alle sind Insulaner. Ist die Zonenlage wesentlich klimatisch bedingt, so werden alle anderen Lageverhältnisse mitbestimmt durch Umrisse und Gestalt der Erdoberfläche, wobei die allgemeine Regel gilt, daß Lebewesen von geringer Verbreitung, wie die Landschnecken, und andere von weiter Verbreitung, wie die meisten Vögel, auch in der Form und Lage ihrer Verbreitungsgebiete, jene von den kleinen, diese von den großen Zügen der Erdoberfläche bestimmt erscheinen. Und weiter zeigt es sich dabei, daß sie sich zu den Umriß- und Bodenformen der Erde insofern gleich verhalten, als z. B. Tiere, die überhaupt sehr weit verbreitet sind, auch hoch an den Bergen hinauf gehen, so Vanessa cardui, den Marshall den „Allerweltsdistelfalter" nennt, und Macroglossa stellatarum.

Die Reihen- oder Kettenlage zeigt uns Gebiete nahe verwandter Arten oder Abarten so nebeneinanderliegend, daß das Hervorgehen eines aus dem anderen höchst wahrscheinlich wird. Man denke sich eine Wanderung, die in einer Richtung stattgefunden hat, in der die Abarten der Stammart unter veränderten Bedingungen sich herausbildeten, also Wanderung und Sonderung. So liegen die drei Gebiete des Königstigers, des turanischen und des mandschurischen Tigers vom Persischen Meerbusen bis zum Stillen Ozean getrennt nebeneinander. Auch wo fremde Gebiete oder Meere dazwischen liegen, kommt die Reihe noch zur Geltung, so bei den Gebieten der Mufflons in Korsika, Sardinien, Cypern, auf dem kilikischen Taurus. Wenn zahlreiche Artverwandte in einem Gebiete wohnen und andere vereinzelt sich daran anschließen, wird man immer geneigt sein, eine Wanderung in der Richtung der letzteren anzunehmen.

Die Smaragdeidechse geht in unseren nördlich ziehenden Stromthälern in warmen Jahren nordwärts, in kalten schwankt sie zurück, wo dann Verbreitungsinseln an günstigen Stellen bleiben. Eine solche ist auch das Vorkommen der Mauereidechse in Friesland. Vereinzelt tritt in chinesischen und tibetanischen Gebirgswäldern ein Schlankaffe auf, dessen ganze Verwandtschaft Hinterindien angehört; seine Einwanderung von dort ist daher wahrscheinlich. Umgekehrt ist bei den Hochgebirgsbewohnern, die aus den chinesischen Alpen durch den Osthimalaya und durch Hinterindien bis Sumatra gehen, wie Nadelhölzer, gemsenartige Tiere und dergl., die Ausbreitung nach Südosten sehr wahrscheinlich.

Bei solchen Ausbreitungen bildet jedes Glied der Kette, außer dem ersten und letzten, eine Brücke zwischen zwei anderen. Sind diese größer und von reicherer Entwickelung, so entsteht die Brückenlage. Die berühmten Meerkatzen von Gibraltar (Inuus ecaudatus) erscheinen uns nur als die äußersten Vorposten ihrer afrikanischen Verwandten, aber wenn wir die spättertiäre Ausbreitung Nächstverwandter in Südwesteuropa und anderseits in Indien erwägen, so erheben sie sich zu einer höheren Stellung als Bindeglied zweier alter Ausbreitungsgebiete. Der einzige Gattungsgenosse überlebt merkwürdigerweise in Japan. So kann man das Wildschaf des kilikischen Taurus (Ovis Gmelini) als die Brücke zwischen dem Gebiete der asiatischen und mittelländischen Wildschafe betrachten.

Die zentrale Lage kann die Folge einer Zurückdrängung von allen Seiten sein oder aber der Anfang einer regelmäßigen Ausbreitung. Im letzteren Falle wendet man den bedeutsamen Namen „Schöpfungszentrum" auf diese Lage an, der hier sicherlich zu viel sagt. Wenn wir den Begriff Schöpfungszentrum auf seine geographischen Eigenschaften prüfen, so finden wir oft nichts als den zentralen Teil eines größeren Verbreitungsgebietes, in dem eine Lebensform am reinsten und reichlichsten vorkommt. Daß nun gerade darin diese Art, Rasse u. s. w.

entstanden sein müsse, ist damit nicht gesagt. Wer gibt uns das Recht, Australien das Schöpfungszentrum der Monotremen und Marsupialier zu nennen? Nicht geschaffen ist in Australien die Monotremen- und Beuteltierfauna, sondern erhalten. Die in allen Schichten der Tertiärzeit und in älteren zerstreuten Fossilreste zeigen uns eine alte Verbreitung dieser Tiergruppen über einen großen Teil der Erde, Australien ist nur ihr Rückzugs- und Erhaltungsgebiet. Natürlich gibt es auch Fälle, wo wir von einer Art oder Abart sagen können: hier ist sie entstanden, hier ist ihr Schöpfungszentrum. Aber so abhängig sind die Schicksale der Lebewesen von den Veränderungen der Erdoberfläche, und so veränderlich ihre Verbreitungsgebiete selbst, daß in weitaus den meisten Fällen unsere Aufgabe nicht die Bestimmung eines idealen Mittelpunktes für ein in seiner heutigen Größe und Ausdehnung doch immer zufälliges Verbreitungsgebiet sein kann, sondern nur die Lage und Gestalt des Gebietes sollen und können wir bestimmen, wie es heute ist.

Der oft gehörte Satz, „das Ursprungsgebiet einer Art fällt im allgemeinen mit dem Mittelpunkte seiner geographischen Verbreitung zusammen", enthält eine geographisch vollständig unbegründete Voraussetzung. Aus einem so unzulässigen Vordersatz folgt z. B., daß die Heimat der Hirsche in Zentralasien liege, was in anderen Thatsachen gar keine Stütze findet. Viel wahrscheinlicher wird uns der asiatische Ursprung für die Cameliden, wenn wir sie nicht bloß heute in Asien, sondern auch ihre diluvialen Reste nur an der Schwelle Europas in den pontischen Ländern finden. So ist uns auch in vielen anderen Fällen der asiatische Ursprung wahrscheinlich, wenn das Verbreitungsgebiet einen großen Teil von Asien umfaßt, dagegen große Teile von Europa, besonders von West- und Südeuropa, freiläßt. Man möchte sagen, nicht auf den Mittelpunkt, sondern auf die Peripherie komme es hier an.

Die Grenz- oder Saumlage werden wir bei der Besprechung der Grenze (s. unten, S. 606) kennen lernen; einen besonderen Fall, das Leben der Küste, haben wir schon im 1. Band, S. 448 u. f., behandelt. Und an die Grenzen des Lebens überhaupt, nach den Polen hin, in den lebensfeindlichen Eisgebieten der Alpen und an den Wüstenrändern, hat uns der Abschnitt „Klima und Leben" geführt. Keine Lage bringt verschiedenere Wirkungen hervor als die Grenzlage. Sie wirkt verarmend auf Pflanzen, Tiere und Menschen an der Grenze gegen die lebensärmsten Räume. Rasche Verminderung und baldiges Aussterben, wie in unserem Hochgebirge Steinbock und Bartgeier, im hohen Norden die Stellersche Seekuh, der grönländische Walfisch, der Alk erfahren mußten, zeigen, wie schwach der Halt des Lebens an den polaren und Hochgebirgsgrenzen selbst für große und kräftige Tiere ist. Die südhemisphärischen Randvölker zeigen uns dasselbe traurige Bild in Australien, Südafrika und Südamerika. Man mag deshalb diese vielbedrohte Lage an der Grenze der Ökumene als Randlage aussondern.

Im Gegensatz dazu begünstigt die Küstenlage das Leben, und sehr wahrscheinlich dünkt uns Simroths Meinung, daß in der nahrungsreichen, feuchten Küstenzone die ersten Landtiere entstanden seien. Zu den fast insularen Lagen gehören an den Küstenstrichen die halbabgeschlossenen Schwemmgebilde der Deltas und Nehrungen. Schon die Kurische Nehrung gilt mit 239 Arten, darunter sehr seltenen, für das deutsche Vogelparadies, ist sehr reich an Füchsen, die zum Teil von Fischen leben, und beherbergt einige Elche im Walde von Rossitten. Der Anschluß der Lebensverbreitung an die Flüsse und ihre Schwemmlandstreifen (s. oben, S. 53) gibt der Flußlage einen besonderen Wert, der auch in der Völker- und Staatenverbreitung zur Geltung kommt.

Die unterbrochene Lage ist am deutlichsten in den Inseln ausgesprochen, deren Lebensverhältnisse wir im ersten Band, S. 356 u. f., geschildert haben. Aber es gibt außerordentlich viele Lebensinseln, die mit wasserumflossenen Landstücken nichts zu thun haben. Ein beschränktes, abgegrenztes Lebensgebiet nennen wir auch dann Insel, wenn es nicht von Wasser umgeben ist. Eine Oase in der Wüste, ein Berggipfel von eigentümlichem Gesteinsbau und

Klima, ein kaltes Tiefseebecken, eine Höhle, das alles sind Inseln der Lebensverbreitung. Selbst eine feuchte Nische im Gebirge vereinigt ihre besondere kleine Welt von Pflanzen und Tieren unter Bedingungen, die um ein Weniges von der Umgebung abweichen. Ein Brunnen, in dem eine sonst nirgends gefundene Wurmart, Phreatothrix pragensis, ihr stilles Dasein führt, ist schon dadurch eine beachtenswerte Lebensinsel oder — Lebensklippe. Wo es möglich ist, aus der Art der Lage dieser Lebensinseln einen Schluß auf ihre Entstehung zu ziehen, wird man finden, daß sie entweder zerschlagene und zusammengeschrumpfte Reste größerer Gebiete oder Vorposten einer neuen Kolonisation sind. Jene leichten Abschattierungen einer Stammform in verschiedenen Arten, deren Zahl oft bedeutend ist, wie sie besonders auf Inselgruppen vorkommt, schließt, wie Baur zuerst gezeigt hat, die zufälligen Zuwanderungen aus; sie ist wie die Brechung eines Strahles, und dieser Strahl ist der alte Zusammenhang des Landes, aus dem der Archipel entstanden, zerklüftet und zerbrochen ist (s. oben, S. 579).

In manchen Fällen liegen zusammenhängende und unterbrochene Gebiete einer und derselben Lebensform nebeneinander, so daß es nicht schwer ist, sie in geschichtliche Verbindung zu bringen. Das Beispiel der Tetraoninae, des Auerwildes, ist dafür lehrreich. In Galizien ist es den Ebenen eigen, in den deutschen Mittelgebirgen und den Alpen nur den Bergen, und zwar meist schon in sehr zurückgezogenen, geradezu verborgenen Lagen. In Böhmen noch erreicht das Birkwild gelegentlich die Flußniederungen, in den Alpen überschreitet es in der Balzzeit sogar die Waldgrenze. Unser Edelweiß, selbst in den Hochalpen immer weiter zurückgedrängt, wohnt als Wiesenpflanze vom südlichen Sibirien bis in das südliche Zentralasien und Kaschmir. Solche Verbreitungsverhältnisse zeigen recht deutlich die insulare Stellung der Hochgebirge inmitten des flachen Landes, aus dem die Flüchtlinge sich in den Schutz der Höhen, Schluchten, Wälder, Höhlen, Nischen u. s. w. des Gebirges zurückziehen.

Ohne weiteres die Zerklüftung eines Verbreitungsgebietes als Altersmerkmal aufzufassen, geht nicht an. Wohl ist die Zersplitterung der Wohnsitze der Indianer in Nordamerika das Zeichen ihrer Zurückdrängung durch die weiße Rasse, welche die jüngere im Lande ist. Aber das Vorkommen der Karaiben in Mittelamerika ist nicht ebenso aufzufassen; auch sie wohnen in kleinen Gruppen und wohnten wohl einst noch weiter zerstreut, aber nicht infolge von Zurückdrängung, sondern als Einwanderer. Sie sind jünger im Lande als ihre kompakt wohnende Umgebung. Dasselbe Verbreitungsbild zeigt uns jede Kolonisation, sei sie pflanzlicher, tierischer oder menschlicher Natur: die Anfänge sind zerstreut und werden mit der Zeit zusammenwachsen. Der Unterschied der insularen Verbreitung, die zurückgedrängten und vorschreitenden Formen eigen ist, wird nicht so sehr in der Form der Gebiete als in ihrer Lage zu einander und in der Qualität ihrer Lebensbedingungen zu suchen sein: die Gebiete der Zurückgedrängten liegen immer zerrissen, regellos, ungünstig, die der Vorschreitenden sind an den besten Plätzen, reihen sich aneinander, suchen einander entgegenzuwachsen.

Die klimatischen Unterschiede der Lebensformen äußern ihre Wirkung auch in kleinen, überschaubaren Bildungen. In trockenen Gebieten drängt sich das Leben an den feuchten Stellen zusammen: Ascherson zählte 232 Blütenpflanzen in der Kleinen Oase der Libyschen Wüste, während die ganze Sahara höchstens 700 hat und 6 Millionen qkm groß ist. Auch der Karst hat Oasen, wo sich das Leben in die Einsturzbecken der Dolinen flüchtet (s. Band I, S. 541). Eine Oase ist auch der grüne Fuß einer dürren Schutthalde, der feuchte Spalt oder die schattige Nische eines Felsens, der grüne Anhauch im Thale einer gelben Sanddüne. Jeder Gipfel, der über das Grasmeer einer Steppe hinaus die Höhenzone reicherer Niederschläge erreicht, ist eine Waldinsel oder Waldoase, und jeder Gipfel, der über das Laubmeer eines Waldgebietes hinausragt, ist eine Insel von Trockenpflanzen. In der „Parklandschaft", die den Übergang vom Waldland zur Steppe bildet, vermehren sich die Lebensinseln zu Archipelen. Mit den Waldinseln geht

dann eine entsprechende Verbreitung des Tierlebens parallel, und sogar die Siedelung der Menschen schließt sich gern an sie an.

Zu den merkwürdigsten zerstreuten Lebensräumen gehören auf beiden Halbkugeln die in Höhen und Tiefen der gemäßigten Zone wiederkehrenden Kolonien von Bewohnern polarer Gebiete; wie wir auf den Hochgebirgen des nördlichen Eurasien und Nordamerikas Bürger der Tier- und Pflanzenwelt von Spitzbergen, Grönland und anderen arktischen Ländern wiederkehren sahen, so fanden wir in den Tiefen der kalten Becken des Atlantischen Ozeans Vertreter der Tierwelt des Nördlichen und des Südlichen Eismeeres. Zu den zersplitterten und zusammengeschrumpften Lebensräumen gehören endlich auch die Reliktenseen, von denen wir im Seenkapitel gesprochen haben, und die ebenfalls bereits erwähnte Höhlentier- und Höhlenpflanzenwelt. Die Höhlenbewohner sind scharf charakterisiert. Auch wo echte Höhlentiere noch nicht vorkommen, wie in den Höhlen des Harzes, finden wir beginnende Umwandlungen: blasse Farben, kleinere Sehwerkzeuge höhlenbewohnender Fliegen und Cyclopskrebschen verkünden dort die beginnende Rückbildung. Sicherlich ist erst die Minderzahl der lebenhegenden Höhlen bekannt, und wie groß ist doch schon der Reichtum an Tierarten, die ausschließlich den Höhlen angehören! In den ungarischen und Karsthöhlen leben 68 besondere Käferarten; rechnet man dazu den berühmten, an örtlichen Abarten reichen Olm, die Höhlenschnecke aus der besonderen Gattung Zospeum, 20 Spinnen, 4 Tausendfüßer, mehrere Krebse, mehrere Arten von Geradflüglern, so taucht allein aus diesen in der Summe doch beschränkten Höhlen Krains und des Karsts eine ganze eigenartige Lebewelt vor unseren Blicken auf.

Der sammelnde Botaniker und Zoolog kennt schließlich auch die Gesteinsinseln, auf denen sich „kalkstete" oder „schieferholde" Pflanzen zusammendrängen; sobald man ihre Grenze überschritten, einen anderen Boden betreten hat, bleiben sie aus: die Gesteinsgrenze schneidet wie das Meer vom Lande ab. In den Alpen kann man oft an der Grenze des Lärchenbestandes die Erstreckung des Granit- oder Gneisbodens erkennen, während mit dem Kalkboden die Föhren erscheinen. Unter den Tieren sind die Landschnecken die ausgesprochensten Kalkfreunde; das beschränkte Jurakalkgebiet im östlichen Siebenbürgen hat allein 16 Arten der nur hier vorkommenden Gattung Alopia. Diese Alopien haften im heißesten Sonnenbrand an den Kalkfelsen und reiben höchst langsam die kleinen Flechten, ihre Nahrung, ab.

Übereinstimmungen des Lebens auf Inseln und Hochgebirgen.

Wir haben schon früher die Auffassung ausgesprochen, daß die Gebirgsgipfel wie Inseln wirken (s. Band I, S. 702). Dieselbe Lage in einer ringsum fremden Umgebung, dort Wasser, hier wärmere Tieflandschichten der Atmosphäre; auch der Waldgürtel, aus dem die mit Matten und Alpenrosengebüsch bekleideten Alpengipfel sich erheben, wirkt isolierend, inselbildend auf die letzteren ein. Dazu kommt, daß viele Inseln durchaus gebirgig sind; selbst größere, wie Japan, sind eigentlich Gebirgsländer. Daher finden wir ähnliche Eigenschaften des Lebens auf Inseln und Bergen. Beginnen wir mit dem Nächstliegenden: die Auswahl der Säugetiere in unseren Hochgebirgen erinnert bestimmt an die Inselfaunen. Da ist die Alpenfledermaus und die Schneemaus: ein weit wanderndes und ein wegen seiner Kleinheit leicht transportables Tier, dann das Murmeltier, die Gemse und der Steinbock: Zurückgedrängte und Relikte. Wer erinnerte sich nicht bei den letzteren an die früh gelungene Ausrottung insularer Tiere? Das Murmeltier ist in den Karpathen, der Steinbock in den Alpen ausgerottet, die Gemsen in manchen Teilen der Alpen dem Aussterben nahe. Aber auch ohne Ausrottung ist die Verbreitung

der Alpentiere lückenhaft wie die der Insulaner. Die Steinkrähe (Fregilus graculus), die vom Atlas bis zum Himalaya lebt, kommt nicht in den Bayrischen und Salzburger Alpen, wohl aber, wie versprengt, in den nordenglischen und schottischen Bergen vor. Die Alpenspitzmaus, die in den Alpen bis zu 2000 m geht, wird noch im Riesengebirge und auf den höchsten Bergen des Harzes gefunden. Über die Verbreitung des Schneehasen (Lepus variabilis) s. unten, S. 604. Eine kleine Schnirkelschnecke, Patula solaria, ist bis jetzt nur bei Reichenhall und auf dem Zobten gefunden worden.

Auch im Rückgang der Größe liegt ein insulares und Gebirgsmerkmal. So wie der Wolf auf den Japanischen Inseln zu einer kleinen Form verkümmert, ersetzt den Tapir des Tieflandes in den Anden Südamerikas die kleinere Form Tapirus pinchaque von 2300 m an. Der Molch, Fische, Schmetterlinge, Käfer treten im Hochgebirge verkleinert auf. Die hochalpinen Schnecken, die noch mit acht Arten in die subnivale Region reichen, sind vorwiegend kleine, zartschalige Tiere, wie die Vitrinen. Unter den Gebirgsschmetterlingen sind die Bläulinge stark vertreten. So wie die Bewohner gewisser Inseln und Inselgruppen Eigentümlichkeiten der Färbung gemein haben, gibt es auch einen borealen und alpinen Melanismus: auch darin gleichen sich hohe Breiten und hohe Wohnplätze. Die Kreuzotter und die Bergeidechse (Lacerta vivipara) gehen sehr hoch in den Alpen und über den Polarkreis und erzeugen an beiden Stellen dunkle Varietäten. Die Stelle des gefleckten Molches nimmt der dunkle ein: Salamandra atra. Goldglänzende Käfer werden dunkel erzfarben, lichte Falter erhalten einen dunkeln Hauch, wie von Ruß.

Die Verwandtschaft der Lebensformen des Hochgebirges liegt nicht bloß darin, daß sie in allen Breiten dieselben äußeren Eigenschaften des Wuchses, des Blütenreichtums, der starken Ausbildung der Wurzeln u. s. w. haben, es stimmen auch viele von ihnen der Art nach überein. Bei solchen, die räumlich zusammenhängen, ist es die Erleichterung der Verbreitung in den Höhen, die von Gipfel zu Gipfel wie zwischen Inseln vor sich geht. Alpenpflanzen können auf diese Weise in den Apennin, in die Dinarischen Gebirge, die Karpathen, den Balkan übersiedeln. Die Alpenrose der Pyrenäen, der Steinbock (Capra hispanica), Bärentraube und Moosbeere der Sierra Nevada, Legföhren und Steinbreche der Karpathen und viele andere verleihen diesen Gebirgen übereinstimmende landschaftliche Züge. Die enge Verwandtschaft europäischer Hochgebirgsformen macht für manche von ihnen Halt an der Sierra Nevada Südspaniens, die keine Eiszeit erlebte. In Ostafrika sind abessinische Gebirgspflanzen auf dem Hochland bis in die gemäßigte Zone verbreitet. Selbst am Kilimandscharo herrscht oberhalb 2800 m in der Bergwiesenzone der südafrikanische Charakter vor, in dem Urwaldgürtel dagegen der abessinische, sogar mit einzelnen Beziehungen zum Kamerungebirge. Der abessinische Wacholder (Juniperus procera) bringt im Hochland des Victoriasees noch über den Äquator südwärts und bildet damit die Südgrenze der Nadelhölzer in Ostafrika. Manchen Pflanzen und Insekten kommen die kräftigeren und regelmäßigen Winde der Höhen zu Hlife. Gewisse Gemeinsamkeiten der Pflanzen der Gebirge Vorderindiens und Ceylons mit denen Abessiniens, des Masailandes, von Kamerun erklärt die Vertragung durch Winde in höhere Luftschichten. Engler führt z. B. darauf die Verbreitung der riesigen Lobelien aus der Sektion Rhynchopetalus zurück. Den griechischen Hochgipfeln fehlen zwar Alpenmatten, Alpenrosengebüsch und Krummholz, aber sie beherbergen eine Menge alpiner Formen; der Schar Dagh hat deren 36 neben 32 apenninischen und 8 kaukasischen. In den Nadelwäldern von Sikkim treten in 3—4000 m Höhe europäische Schmetterlingsgattungen und selbst manche europäische Arten auf. Nicht gerade den Hochgebirgen, aber doch den Gebirgen der nördlichen gemäßigten Zone sind alle 80 Arten Ahorn eigen, die man kennt: den

japanischen 20, den chinesischen, dem Himalaya, den mittelländischen je 13, den nordamerikanischen 10, dem Kaukasus 9, den mitteleuropäischen 5. Auf den Höhen der chinesischen Alpen wachsen herrliche Primeln und Gentianen, noch schönere als bei uns, aber in ganz anderen Arten. Von 20 Primeln und 12 Gentianen, die David dort sammelte, waren 16 und 10 neue Arten.

Unter den 422 rein alpinen Arten, d. h. solchen, die nur in den Alpen oder in den nächstgelegenen Gebirgen verbreitet sind, sind Bürger der Mediterranflora, Abkömmlinge einer älteren, der pontischen ähnlichen Flora und endlich zahlreiche, die in den Alpen ihren Verbreitungsmittelpunkt haben und von da nach den Pyrenäen, den Karpathen und dem Apennin gewandert sind. Auch die deutschen Mittelgebirge dürften aus dieser Quelle eine Anzahl von Hochgebirgsformen erhalten haben. Aber ohne Zweifel haben auch umgekehrt die Alpen auf dem Weg über die Mittelgebirge nordische Pflanzen empfangen. So findet man in den Sudeten nordische Pflanzen, die auf ihrer Wanderung stehen geblieben sind, den Alpen also fehlen, wie Saxifraga nivalis, Pedicularis sudetica, Rubus chamaemorus; andere sind über die Sudeten und Karpathen noch in die Ostalpen gewandert. Vielleicht hängt es schon mit der größeren räumlichen Nähe und dem stärkeren Übergreifen der alpinen Vergletscherung zusammen, daß der Schwarzwald mehr alpine Züge in seiner Pflanzendecke hat als die Vogesen. Aber auch sonst kommen im Schwarzwald mehr echte Alpenpflanzen vor, während in den Vogesen westeuropäische Arten auftreten, die dem Schwarzwald fehlen; Christ führt sie auf die Pyrenäen zurück.

E. Der Lebensraum.

Inhalt: Das Leben und der Erdraum. — Weite und enge Gebiete. — Der Kampf um Raum. — Die Einwirkung des Raumes auf die Organismen. — Weiter Raum wirkt lebenerhaltend. — Lebensdichte, Wohndichte und Artdichte.

Das Leben und der Erdraum.

Was auf unserer Erde Raum haben will, muß aus den beschränkten 510 Millionen qkm der Erdoberfläche schöpfen. Diese Zahl ist daher die erste Raumgröße, mit der die Geschichte des Lebens zu thun hat, so wie sie auch die letzte ist. In ihr sind alle anderen Größen beschlossen, an ihr messen sich alle anderen Größen, in ihr sind die absoluten Schranken alles körperlichen Lebens gegeben. Unveränderlich ist diese Größe für die Geschichte der Menschheit, weil die Menschheit eine verhältnismäßig junge Erscheinung auf der Erde ist; sie ist aber nicht als ganz unveränderlich zu denken für die Geschichte der Erde und ihres Lebens überhaupt. Daß die Erde einst größer war und durch Abkühlung eingeschrumpft ist, glauben viele Geologen, und daß die Erde durch das Hereinstürzen von Meteoriten wächst, lehrt uns der Augenschein; da aber beide Vorgänge wegen der Länge der Zeiträume, in denen sie sich vollziehen, ungemein schwer zu erforschen sind, begehen wir jedenfalls keinen großen Fehler, wenn wir zunächst annehmen, die Lebensentwickelung habe in der Zeit, die wir überschauen, ungefähr denselben Erdraum zur Grundlage gehabt wie heute.

Die Beschränkung der ganzen Lebensentwickelung der Erde auf einen und denselben Raum bedeutet die Konzentration aller Lebensthätigkeit und aller äußeren Einflüsse, die das Leben erfährt, auf die engen Grenzen dieses Erdraums. Wie in einer gärenden Flüssigkeit die Natur des Produktes davon abhängt, ob der ganze Gärungsprozeß in dem engen Raum eines verschlossenen Gefäßes oder unter ungehinderter Wechselwirkung mit Luft und Wasser sich vollzieht, so ist die Lebensentwickelung der Erde hauptsächlich bestimmt durch ihre Abgeschlossenheit. Immer brandet zwar das Leben gegen diese Schranke, aber es durchbricht sie nicht, denn es

ist erdgebannt. Gezwungen, umzukehren, muß es immer wieder auf seinen eigenen Spuren alte Wege beschreiten. Unter diesen Raumbedingungen muß in der Entwickelung des Lebens der Erde die Gesamtheit der tellurischen, solaren und kosmischen Einflüsse sich aufgehäuft, durchdrungen, gesteigert haben, von dem Augenblick des ersten Keimens des Lebens bis heute. Das Leben hat aus denselben Grundstoffen fortschreitend immer neue, verwickeltere Verbindungen hergestellt und ist auf dem Wege leichter Abänderungen zu immer neuen, zusammengesetzteren, besser aneinander angepaßten, daher zweckmäßigeren, leistungsfähigeren Formen fortgeschritten. Die Variabilität mußte als Grundeigenschaft des Lebens in dem verhältnismäßig engen Raum unseres Planeten steigernd, vorwärtstreibend auf die Lebensformen einwirken. Raschen Wechsel äußerer Einflüsse, engste Berührung von Lebensform mit Lebensform, die zu Ausgleichungen, Anpassungen, Verdrängungen und Neubildungen führen, bringt also die Enge des Erdraums zu stande. Mit ihr zusammen wirkt die ebenso wesentliche und notwendige Veränderlichkeit der Erdoberfläche, die aus inneren Eigenschaften der Erde und äußeren Einflüssen der Sonne und anderer Himmelskörper hervorgeht. Durch sie wechseln beständig die Größe des Lebensraumes, die Lage und Ausdehnung der Klimagebiete, der Länder und Meere, mit ihnen die Höhen und Tiefen der Erde. Mit anderen Worten: die Veränderlichkeit der Lebensgrundlage schafft ununterbrochen die äußeren Lebensbedingungen um. In der Umwandlung eines Landes in Meeresboden und in der Hebung eines Meeresbodens, bis er trockenes Land wurde, liegt der größte Anlaß zu Veränderungen des organischen Lebens auf der Erde. Ganze Lebensgesellschaften gehen dabei zu Grunde, neue wandern in neue Gebiete ein und erfahren unter den neugeschaffenen Bedingungen tiefgehende Änderungen.

Wenn Veränderungen der Erdoberfläche in Boden, Bewässerung und Klima, stark genug, um in die Lebenssphäre einzugreifen, weitverbreitet sind und sich oft wiederholen, müssen sie eine große Wirkung auf die Auslösung, zugleich aber auch auf die Richtung der Veränderlichkeit der Lebewelt üben. Vor allem weisen sie neue Lebensgebiete an, verbinden und trennen, öffnen und begrenzen alte. Und wenn wir bereit sein müssen, den Lebensraum jeder Art oder Rasse als einen Bestandteil ihres Wesens zu betrachten, müssen wir die morphologischen und klimatischen Veränderungen dieses Raumes mit in die Betrachtung ihres Werdens aufnehmen. Man ist oft geneigt, bei der Erklärung der Größe, Lage und Gestalt eines Verbreitungsgebietes an Boden- und Klimaänderungen nur zu appellieren, wenn alle anderen Mittel versagen; die Logik fordert indessen, solche Änderungen als notwendig anzunehmen. An Stellen der Erde wuchsen zu einer Zeit, die ein erdgeschichtliches Gestern ist, Tropenpflanzen, und morgen ist dort das Leben zu polarer Kleinheit und Armut zusammengeschrumpft. Wo gestern Meeresboden war, ist heute Flachland und wölbt sich morgen ein Faltengebirge empor. Das fertige Gebirge zerfällt, sinkt ein, entgliedert sich. Noch viel häufiger sind die Fälle, wo Wald und Wüste, See und Steppe wechseln. Es ist wahr, daß diese Umgestaltungen langsam vor sich gehen; aber ihr Tempo ist doch nicht so langsam, daß wir z. B. die Geschichte irgend einer der Menschenrassen, die gegenwärtig die Erde bevölkern, ohne die Berücksichtigung der im Lauf ihres Daseins geschehenen Veränderungen der Erdoberfläche zu verstehen vermöchten. Die Rassen Europas sind in einem *anderen* Europa entstanden, das keine Nord- und Ostsee, nicht die heutige Ausdehnung des Mittelmeeres und noch weniger die breite Verbindung zwischen Europa und Asien kannte, die für den Doppelerdteil heute bezeichnend ist; und in ihrer Entwickelung wirkten vielleicht viel entschiedener, als wir ahnen, Völker mit, die in Nordafrika und West- und Innerasien fruchtbare Gebiete bewohnten, welche heute Wüsten sind.

Wenn die Natur eines Raumes sich umgestaltet, verändert er sich immer auch als Lebensraum. Mit der Milderung des Klimas nach der Eiszeit in dem Strich zwischen dem Nordpol und dem 47. Parallelgrad haben sich die früher über seine ganze Breite ausgedehnten Lebensgebiete der arktischen Pflanzen und Tiere zusammengezogen und zerteilt; die arktischen Pflanzen und Tiere, die vorher das ganze Gebiet einnahmen, sind nur dort übriggeblieben, wo sich ihre Lebensbedingungen erhalten haben: in der Arktis und in den Hochgebirgen. Der entgegengesetzte Fall war vor der Eiszeit eingetreten, als das Klima der nordischen Länder am Ende der Tertiärzeit rauher wurde und zugleich Landsenkungen eintraten; damals verringerten sich die Lebensräume für die an ein warmes Klima gewöhnten Wesen, und auf dem übrigbleibenden Boden fand zwischen Firn und Gletscher immer weniger Leben Platz. Die Zahl der Lebewesen auf einer gegebenen Fläche geht in einem solchen Falle zurück, dann sinkt aber auch die Zahl der Arten, Gattungen, Familien, und es entsteht die Individuen- und Artenarmut, die heute das Leben der Arktis beherrscht.

Es ist bisher zu wenig beachtet worden, daß die lebendige Hülle des Bodens auch die Bodenbewegungen mitmachen mußte, die ein Land im vertikalen Sinne erfuhr. Wo heute die Alpen emporragen, war nicht immer Gebirge, sondern es waren dort abwechselnd Inseln, flache Küsten und Hügelland. Es ist wahrscheinlich, daß alte Elemente der alpinen Lebewelt die Verwandlung dieses Bodens in Gebirge und Hochgebirge mitgemacht haben. Der Raum blieb bei solchen Veränderungen als Ausschnitt der Erdoberfläche derselbe, aber seine inneren Eigenschaften veränderten sich in erheblichem Maße. Aus einer weiten Fläche wird bei solchen Umgestaltungen eine Reihe von abgesonderten Kleingebieten, und aus einem Raum mit gleichem Klima wird eine Übereinanderlagerung von Klimagürteln, deren oberste im Hochgebirge das Leben inselhaft zerteilen und es sogar in großem Umfange ausschließen. Veränderungen der Lebensbedingungen, wie sie hier auf engem Raume eintreten, müssen neuen Lebensformen Ursprung geben, und besonders in diesem Sinne können wir von den Gebirgen als Schöpfungszentren sprechen.

Weite und enge Gebiete.

Es gibt Tiere und Pflanzen von sehr weiter und sehr beschränkter Verbreitung. Man nennt die sehr weitverbreiteten Kosmopoliten[1]. Wie verschieden nun auch die näheren Ursachen einer sehr weiten Verbreitung sein mögen, immer ist dabei eine sehr große Fähigkeit der Anpassung vorauszusetzen, in erster Linie natürlich an das Klima. Darum finden wir, daß Lebewesen von weiter Verbreitung über die Erde auch in anderen Beziehungen weit verbreitet sind. Die Muschel Saxicava arctica ist fast Kosmopolitin, und zugleich reicht sie 500 m in die Tiefe. Vanessa cardui, der Distelfalter, ist Bewohner des Tieflandes und Hochlandes und zugleich aller Erdteile und aller größeren Inseln, die nicht eisbedeckt sind. Es gibt aber auch weitverbreitete Lebensformen, die dies nur deshalb sind, weil sie sich überall auf dieselben Lebensbedingungen beschränken. Ein hochalpines Gras, Trisetum suspicatum, kommt in der Arktis, in Amerika bis zur Magalhães-Straße, im Altai und im Himalaya vor: wohl Kosmopolit ohne Zuthun des Menschen, aber überall nur in den Inseln arktischen und subarktischen Klimas.

[1] Der Ausdruck Kosmopoliten für weitverbreitete Pflanzen und Tiere hat etwas Unbestimmtes, und, daß er aus der politischen Sprache übernommen ist, zeigt schon, wie unpassend seine Verpflanzung ist. Er ist gar nicht räumlich gleichwertig für die Wesen, für die er verwendet wird, gilt oft nur für eine bestimmte Rasse, nicht für die ganze Art, und bezeichnet manchmal mehr eine Fähigkeit als einen Zustand.

Schließt man die durch die Thätigkeit des Menschen weitverbreiteten Organismen aus, seine Haustiere und Kulturpflanzen, Parasiten und Unkräuter, so bleiben immer noch zahlreiche sehr weitverbreitete übrig. Selbst Riesentiere, wie Elefant und Nilpferd, waren einst über ganz Afrika und darüber hinaus in Eurasien und Amerika verbreitet, fast ebensoweit auch das Nashorn. Besonders weite Verbreitungsgebiete haben die Raubtiere. Der Tiger bewohnt ganz Asien südlich von der Linie Kaukasus-Sachalin, der Leopard ganz Afrika und das südliche Asien. Der Kuguar oder amerikanische Panther wohnt von Kanada bis Patagonien über 100 Breitengrade und hat damit wohl die größte meridionale Verbreitung unter allen vom Menschen unabhängigen großen Säugetieren. Es gibt eine größere Zahl von eurasischen Säugetieren, die von nordamerikanischen Verwandten nicht scharf zu unterscheiden sind: der braune Bär, der Eisfuchs, der Vielfraß, das Hermelin, das Wiesel, das Elentier, das Renntier und der Biber, die also alle eine weite Verbreitung in den Nordteilen der Alten und der Neuen Welt haben.

Unter den Insekten sind die geflügelten Formen am weitesten verbreitet. Die Wanderheuschrecke (Pachytylus migratorius) findet man von 50° nördl. bis 40° südl. Breite und von Madeira bis Fidschi in der Alten Welt. Es ist bezeichnend, daß man unter den weiträumigen Tieren besonders zahlreich die ans Wasser gebundenen, im Wasser ihre hauptsächlichste Nahrung suchenden Stelz- und Entenvögel findet: das Teichhuhn (Gallinula chlorops), mehrere Strandläufer (Tringidae), wahrscheinlich ein Wasserläufer (Totanus incanus), den Fischadler (Pandion haliaëtus). Das Plankton hochandiner Seen Südamerikas enthält manche Arten, die mit den Bewohnern der Hochseen der Alpen (s. oben, S. 57) oder des Riesengebirges übereinstimmen. Die Verbreitung der Süßwasserfische ist überraschend groß, da sich mit der passiven durch das bewegliche Wasser, besonders in der Form des Laiches, die aktive Verbreitung der Fische durch die Wanderungen zur Laichzeit verbindet (vgl. oben, S. 53).

Die sehr weit und die sehr eng verbreiteten Lebewesen bilden Extreme, die keineswegs häufig sind. Die Regel sind Verbreitungsgebiete von beträchtlicher, aber doch nur mittlerer Größe. De Candolle berechnete das mittlere Areal der Gebiete der Pflanzenarten auf rund 900,000 qkm. Es gibt aber sehr viele Pflanzenarten von viel kleinerem Gebiete, einige tausend, die nicht viel über 1000 qkm verbreitet sind. Dagegen sind wenig zahlreich die sehr weitverbreiteten. Nur 18 Pflanzenarten sind auf der Hälfte des Landes der Erde, nur 117 auf mindestens dem dritten Teile verbreitet. Unter den Tieren gibt es mehr weitverbreitete als unter den Pflanzen, das liegt in ihrer natürlichen Beweglichkeit. Aber doch bleibt auch für die Tiere das Übergewicht mittlerer Verbreitungsgebiete bestehen.

Der Kampf um Raum.

Zwischen der Bewegung des Lebens, die nie ruht, und dem Raume der Erde, dessen Größe sich nicht ändert, besteht ein Widerspruch; aus diesem Widerspruch wird der Kampf um Raum geboren. Das Leben unterwarf sich rasch den Boden der Erde, aber als es an seinen Grenzen angelangt war, strömte es zurück, und seitdem kämpft überall und ohne Unterlaß auf der ganzen Erde Leben mit Leben um Raum. Der viel mißbrauchte und noch mehr mißverstandene Ausdruck „Kampf ums Dasein" meint eigentlich zunächst Kampf um Raum. Denn an dem Raume mißt sich das Maß anderer Lebensbedingungen, vor allem der Nahrung. Im Kampf ums Dasein ist dem Raum eine ähnliche Bedeutung zugewiesen wie in jenen entscheidenden Höhepunkten der Völkerkämpfe, die wir Schlachten nennen; es handelt sich in beiden um die Gewinnung von Raum in vordrängenden und zurückweichenden Bewegungen. Solange der Angegriffene Raum hat, kann er ausweichen, auf engem Raum aber wird der Kampf verzweifelt. Der Elefant, der zu den am langsamsten sich vermehrenden Tieren gehört, würde in 700—750

Jahren 19 Millionen Abkömmlinge aufzuweisen haben, deren Langlebigkeit ihren schwachen Zuwachs reichlich aufwiegt. Wenn man auch nur die ungenügende Fläche von 30 qkm, fruchtbares und unfruchtbares Land ineinander gerechnet, für den einzelnen Elefant in Anspruch nimmt, wäre in einem so kurzen Zeitraume die Erde mit Elefanten übervölkert. Bei anderen Tieren, die sich rascher vermehren, würde die Übervölkerung schon viel früher eintreten, und es müßten sich die Lebensbedingungen jedes Einzelwesens verschlechtern, indem sein Lebensraum enger wird. Ehe sich aber die Bewohner dieser Einengung unterwerfen, sucht jeder einzelne sein Gebiet auf Kosten seiner Nachbarn zu erweitern.

Je kleiner nun ein Wohngebiet von Natur ist, um so rascher wird es von einer fruchtbaren und beweglichen Lebensform vollständig okkupiert, und nicht selten folgt daher die Verdrängung alteinheimischer Lebewesen sehr bald der Öffnung ihrer Grenzen. Middendorf faßt seine Erfahrungen über das Aussterben der sibirischen Säugetiere in die Worte zusammen: „Je enger der Verbreitungsbezirk, je größer das Tier; je zutraulicher, dümmer und gesuchter es ist, desto leichter unterliegt es den Nachstellungen." Die Wanderungen, welche die Zurückdrängung begleiten, haben nicht mehr die Bedeutung wie die freie, ungehemmte Bewegung der Ausbreitung. Bei der freiwilligen Ausbreitung bietet sich eine Fülle neuer Lebensbedingungen, unter denen das Tier wählt, aber dem Tiere auf dem Rückzuge steht oft nur eine bestimmte Richtung offen; dieser Ausweg führt gewöhnlich nach der minder günstigen Seite hin, so daß die Verschlechterung des Bodens, Klimas und der Nahrung die Verengerung des Raumes noch verschärft.

Rasches Einströmen und Ausbreiten, die Folge der Erschließung eines neuen Gebietes, vielleicht eines ganzen Erdteiles, verändert in wenigen Jahrhunderten das biogeographische Aussehen eines weiten Landes ebenso, wie sich ein neubesäetes Gartenbeet in einigen Monaten verwandelt. Amerika hat seit dem Beginne des 16. Jahrhunderts eine Europäisierung seiner Völker-, Tier- und Pflanzenwelt erfahren, die an manchen Stellen zu einer völligen Umkehr der Verhältnisse geführt hat. Was die Völkerwelt anbetrifft, so braucht angesichts der 80 Millionen Europäer und Afrikaner in Nordamerika, denen wenige Hunderttausende heruntergekommener, in die ungünstigsten Gebiete zurückgedrängter Indianer gegenüberstehen, kein Wort verloren zu werden. Bekannt ist, wie die Pampas, Llanos und Prärien schon im vorigen Jahrhundert von Pferden und Rindern europäischer Abkunft wimmelten. Amerika ist nicht bloß mit Kulturgewächsen fremder Herkunft bedeckt, sondern auch mit Unkräutern, die sich selbst verbreitet haben; sogar im südwestlichsten Andenland hat sich der europäische Apfelbaum derart einheimisch gemacht, daß er den Eindruck der Landschaft mitbestimmt. Und so wie in Jamaika Neger einheimisch geworden sind, wo karaibische Stämme saßen, hat dort der zur Vertilgung der Schlangen eingeführte Herpestes griseus in schädlicher Weise überhandgenommen.

Natürlich darf man nicht annehmen, daß jede einwandernde Art nur dadurch Boden fassen könne, daß sie eine eingeborene verdrängt. Es gibt in großen Gebieten immer auch eine große Auswahl von Lebensräumen. Auf dem Boden, im Wasser, in der Luft und in den verschiedenen Höhen und Tiefen dieser Elemente ist Raum für die allerverschiedensten Lebewesen, deren Verbreitungsgebiete einander gleichsam bedecken, indem sie einen und denselben Raum einnehmen. Nach der Entdeckung Amerikas sind Pflanzen und Tiere aus Europa eingeführt worden, die sich ausbreiteten, ohne daß sie in jedem Falle die einheimischen verdrängten. Man kann z. B. nicht sagen, daß die verwilderten Pferde den Bison aus den Prärien des Inneren von Nordamerika verdrängt haben; das hat vielmehr der Mensch gethan, der mit Pulver und Blei auf die Jagd zog. Ebenso blieb neben den verwilderten Rindern und Pferden der Pampas Raum für die

südamerikanischen Strauße. Sogar das Kaninchen, wenn es auch Landplage wurde, fand doch in Australiens Sanddünen Wohnplätze, aus denen es kein einheimisches Tier zu verdrängen brauchte. In allen diesen Fällen schichten sich also gleichsam die neuen Wohngebiete zwischen und über die alten. So zeigt uns auch die Geschichte der Kolonisation in Amerika, wie die Spanier früh auf dem vor ihnen von den Indianern besetzten Festlande sich in ihren Städten festsetzten, von wo aus sie die im ruhigen Besitz ihres Landes gelassenen Indianer regierten, bekehrten und ausnutzten, während die germanischen und französischen Ansiedler in Nordamerika den Eingeborenen früh das Land entzogen, von dem diese mit Jagd und Ackerbau lebten, und ein Vernichtungskampf war die Folge, dessen Siegespreis der Raum, der Boden bildete. Im Leben der Völker sehen wir aber auch tieferstehende Völker über höherstehende siegen, wenn sie einen besseren Halt am Boden haben. Die kriegerischen, vorwärtsdrängenden Mongolen und Mandschuren erobern zwar China, gehen aber in der dichten Bevölkerung unter und nehmen deren Sitten an. Dasselbe Bild kehrt in allen Staatengründungen wandernder Völker wieder, besonders auch in den germanischen Erobererstaaten Südeuropas in der Völkerwanderung.

Auch wo nicht die unmittelbare Zurückdrängung und Einengung des Wohn- und Ernährungsraumes in Wirksamkeit trat, die man in der Geschichte des amerikanischen Bisons so gut verfolgen kann, ist doch die Raumverengerung gewissermaßen aus der Entfernung eingetreten. Der Steinbock der Alpen, der Mufflon Korsikas, der Elch der ostbaltischen Länder zogen sich nicht bloß vor dem Menschen zurück, sondern sie mieden seine Nähe, die ihnen ihren freien Bewegungsraum einengte. Daß es auch zwischen Tier und Tier solche Verhältnisse gibt, ist aus der Lage und Gestalt mancher Verbreitungsgebiete zu schließen; die Gebiete unseres gewöhnlichen Hasen und die des Schneehasen liegen ganz so zu einander, wie wenn dieser sich vor jenem zurückgezogen hätte. In vielen Fällen ist aber das, was man Rückzug nennt, nichts anderes als das Aussterben einer Art auf einem Boden, den dann sofort eine andere besetzt, als ob sie auf die Erweiterung ihres Lebensraumes gewartet hätte. Wohlbekannt ist der „Rückzug" gewisser Pflanzen vor dem Eindringen anderer. Daß die Fichte in norddeutschen Mooren begraben ist, an deren Rändern wir nur noch geschlossene Buchenwälder finden, deutet auf einen solchen Prozeß hin; und zufällig wissen wir aus dem Inhalte der Kjökkenmöddinger, daß mit der Fichte auch der Auerhahn wanderte. In diesem Sinne sind auch die Gebiete der durch weite Zwischenräume getrennten arktisch-alpinen Flora- und Faunagenossen Rückzugsgebiete, oder vielleicht noch mehr die kleinen Verbreitungsinselchen der Sequoia gigantea, deren Reste man aus einer ganzen Reihe von tertiären Fundplätzen kennt, auch aus Alaska und Disko, und die heute auf wenige, ganz kleine Abschnitte einzelner Thäler und Abhänge der westlichen Sierra Nevada Kaliforniens beschränkt sind, die letzten Trümmer ihrer einst gewaltigen Gebiete.

Thatsächliche Raumnot zeigt uns am deutlichsten das Eindringen des Unkrautes in ein Gartenbeet. Kämen wir nicht den Pflänzchen zu Hilfe, die wir dort angesät haben, so erstickte sie der wuchernde Wettbewerb; am Ende des Sommers ist oft buchstäblich nichts mehr davon übrig, alle sind „eingegangen", oder im besten Falle fristen einige verkümmerte Überreste ein trauriges Dasein. Wo Tiere kolonienweise leben, dicht zusammengedrängt wie Menschen in Stadthäusern, da zeigen sich auch die echten Symptome der Wohnungsnot. Auf der pacifischen Insel Laysan sah Schauinsland Seevögel das Recht des Besitzenden mit grausamer Folgerichtigkeit durchsetzen. Die Früherkommenden hatten die besten Plätze, und ihre Jungen gediehen prächtig, die Verspäteten aber mußten mit den schlechtesten Wohnplätzen vorlieb nehmen. „Hier sieht man auch die größte Zahl von verkommenen Vogelkindern mit struppigem Gefieder

und wunden, von der Salzsole angeätzten Beinen, hier herrscht die größte Kindersterblichkeit, und Hunderte von Leichen liegen umher." Er fühlte sich geradezu gedrängt, das Leben dieser Vögel mit menschlichen Verhältnissen zu vergleichen.

Die Verkümmerungserscheinungen zurückgedrängter Völker sind so oft beschrieben worden, daß sie keiner Wiederholung bedürfen. Sie führen zum Teil greifbar auf die Verengerung des Lebensraumes zurück, der nicht mehr hinreicht zum Jäger-, Fischer- oder Hirtenleben, wodurch sozialer Zerfall, wirtschaftliches Herabsteigen und die Folgen von Armut und Hunger sich einstellen.

Der kleine Wuchs mancher Randvölker, die an den klimatisch ungünstigen, nahrungsarmen und vom Verkehr entlegenen Grenzen der Ökumene wohnen, wie Südafrikaner, Australier, Feuerländer, Nordasiaten und andere, dürfte mit dieser Lage zusammenhängen. Virchow glaubte bei der Vergleichung der Lappen mit afrikanischen Zwergvölkern in beiden die körperlichen Folgen des Mangels zu finden. Die Tiere und Pflanzen zeigen analoge Erscheinungen viel deutlicher. Die Gemsen der Alpen mögen uns noch als stattliche Tiere erscheinen, sie sind eben doch schon in Höhen hinaufgedrängt, wo sie nicht mehr den Raum und die Nahrung finden, wie einst in größeren, klimatisch begünstigteren Verbreitungsgebieten. Die bosnische Gemse, deren Wohngebiete, noch Hochwald in geringer Meereshöhe bei Travnik umschließend, noch nicht so zusammengedrängt sind, ist wohl darum ein kräftigeres Tier. Der westeuropäische Hirsch, dem der von Korsika und Sardinien sehr nahe steht, ist kleiner, besonders im Geweih, als der mittel- und osteuropäische. Das einzige Gebiet Mitteleuropas, wo noch Hirsche vorkommen, deren Größe und Stärke uns als ein Nachklang aus der Zeit des Riesenhirsches anmuten, sind die Wälder des „Drauecks" in Kroatien, besonders Ried-Urwälder, durchzogen von Rohr- und Sumpfplatten; Zwanzigender mit Geweihgewichten von 11,5 kg sind dort keine Seltenheit. Mit Recht betont A. von Mojsisovics, wo er von diesen „Urhirschen der Jetztzeit" spricht, „die reiche und mannigfaltige Äsung, die Beschaffenheit des meilenweit ausgedehnten Terrains", also vor allem günstige Raumverhältnisse.

Wenn wir uns aber erinnern, daß jene Riesenzedern (Sequoia) Kaliforniens zu den höchsten und mächtigst entwickelten Bäumen der Erde gehören, möchten wir doch die Verkümmerung nicht als eine unvermeidliche Folge der Raumbeschränkung anerkennen, sondern vielmehr die hohe Wahrscheinlichkeit betonen, daß innere Lebensprozesse in verschiedenem Sinne durch die Zurückdrängung und den Raumverlust ausgelöst werden. Es gibt biegsame Lebewesen, die sich schlechteren Bedingungen anpassen, und starre, die ihnen unverändert zum Opfer fallen. Man darf auch an die Inzucht in engen Wohngebieten denken: je mehr eine Herde, ein Stamm zusammengedrängt wird, um so schneller büßt er den Vorteil wohlthätiger Kreuzungen ein. So wird für den Rückgang der Bisons im Bialowiczer Wald, wo sie seit 1857 von 1900 auf 350 herabgesunken sind, in erster Linie die Inzucht verantwortlich gemacht, wenn auch Jagd, Einfangen, Tötung durch Wölfe und Bären ihr Teil beitragen. Auf denselben Punkt führt uns auch die Betrachtung der erdgeschichtlichen Zeugnisse für den Rückgang alter und den Fortschritt neuer Arten. Neuschöpfung und Fortschritt setzen Untergang und Rückgang voraus, wie beim Sterben und Geborenwerden der Individuen. So könnte ja die Auffassung gelten, daß die alte Art nur zurückgeht, weil ihr der Raum genommen wird. Die Geschichte des Aussterbens der Naturvölker beim Vordringen der Kulturvölker liefert dafür manche Belege; doch wäre diese Antwort verfrüht, und es bleibt die Frage noch immer offen, wieviel von dem Raumverlust der alten Art auf innere Gründe, die im allgemeinen Niedergange ihrer Lebenskraft liegen, und wieviel auf das siegreiche Vordringen der neuen Art entfällt.

Die Einwirkung des Raumes auf die Organismen.

Man braucht nicht auf die philosophische Definition jedes Wesens als eines Etwas, das einen ihm allein zukommenden Raum einnimmt, zurückzukommen, um die Allgewalt

des Raumbedürfnisses im Leben zu zeigen. Wenn jedes Lebewesen einen Raum beansprucht, in dem es weilt, so braucht es einen weiteren Raum, aus dem es seine Nahrung zieht, und es erreicht die Höhe seiner Raumforderung im Prozesse der Vermehrung, der als Wachstum, Teilung, Knospung, Verzweigung u. s. w. ohne weiteres den Nachbarraum des Mutterwesens in Besitz nimmt. Bleibt also die Raumbewältigung auch immer bloß Mittel zum Zweck und tritt sie uns selbst in den höchsten Leistungen des modernen Verkehres nicht rein entgegen, so trägt sie doch sehr viel zur Ausbildung und Umbildung der Lebewesen bei, wie wir bereits gesehen haben. Erinnern wir uns an eines der wichtigsten Ereignisse im Bereiche der Lebensentwickelung: der aufrechte Gang des Menschen gehört dieser Klasse von Erscheinungen an.

Jedes Lebewesen ist an seinen Raum gebunden und mit seinem Raume verbunden. Ob eine Art weit oder eng verbreitet ist, gehört zu den Lebenseigenschaften. Für die Menschheit gilt die große Bedeutung ihres Lebensraumes, dem man den Namen Ökumene beigelegt hat, für sehr wesentlich, aber so hat auch jede Pflanzen- und Tierart ihre Ökumene. Das ist der Raum, den sie auf der Erde einnimmt und von dessen Größe und Gestalt ein Teil ihrer Lebensfähigkeit abhängt. Auch wenn wir diesen Raum nicht genau übersehen, sind wir uns doch klar darüber, daß er zur Pflanze, zum Tier, zum Volke gehört. Sehr verschieden sind die Raumbeziehungen einer Amöbe, einer Koralle, einer pelagischen Meduse, einer Landschnecke, eines Wandervogels, eines Löwen. Ein kleiner Indianerstamm im südamerikanischen Urwald hat Raumbedürfnisse und -vorstellungen, die ganz verschieden sind von denen eines Europäers, der das Heil seines Volkes nur in der Weltumfassung sieht. Alle Lebewesen, die zur gleichen Art gehören, stellen die gleiche Forderung an den Lebensraum. Auch größere Gruppen stimmen im Raumanspruch überein, so die Bäume, die fliegenden Vögel und Säugetiere, die Laufvögel. So erscheinen uns also neben dem allgemeinen Lebensraume zahllose Lebensräume großer und kleiner Gruppen von Lebensformen, die ineinander übergreifen, und jedes Stück Erdoberfläche ist von einer ganzen Anzahl solcher Verbreitungsgebiete eingenommen.

Der Größe des Raumes entsprechen die Raumbereiche, in denen die Lebensbedingungen sich ändern, und die Verschiebungen der Lebensgebiete, die sie bewirken. Die Vergletscherung der Alpen in der Eiszeit hat sicherlich ein großes Gebiet umgestaltet und entsprechende Wirkungen auf einem beträchtlichen Raum ausgeübt, aber verschwindet sie nicht vor der Bedeckung von halb Europa mit Eis, die von den weiten Räumen des Nordens ausging? Ähnlich mußte sich die Entwickelung der Steppen in Europa zu der in Asien verhalten. Und wie diese großen räumlichen Unterschiede verhielten sich ihre biogeographischen Folgen, wobei die Eigenschaft des weiten Raumes, Lebensformen zu schützen, eine hervorragende Wirkung ausübte. Daher hat Asien nach Europa in wiederholten Wellen dieselben oder naheverwandte Lebensformen ergießen können.

Eine Äußerung, wie „überall auf der Erde haben sich die großen Territorien der Artbildung am günstigsten erwiesen“ (Bürger), hat in ihrer Bestimmtheit leicht einen mystischen Klang. Wir würden ihr eine größere Berechtigung zuerkennen, wenn es statt „Artbildung“ hieße „Arterhaltung“. Glaubt jemand, der weite Raum habe an sich eine größere artenzeugende Fähigkeit? Es kommt darauf an, wie der Raum gegliedert ist. Die Millionen von Quadratkilometern der Sahara sind artenarm, und ebenso ist es Nordeurasien bis zum Rande des Stillen Ozeans. Das kleine, exzentrisch gelegene Japan ist dagegen ein Gebiet verhältnismäßig großen Reichtums. In Südamerika ist allerdings die Westseite entschieden ärmer als die viel breitere Ostseite. Auf dieser aber gehört wieder das mäßiggroße Stromgebiet des Orinoko zu den artenreichsten des Kontinents; der Hauptgrund liegt sicherlich in seinem breiten Zusammenhang mit dem größten zusammenhängenden Lebensraum Südamerikas, dem Amazonasgebiet. Ungehindert wanderten die Bewohner dieser Gebiete in die Llanos und Waldinseln des Orinoko ein. Ferner wäre vielleicht der erstaunliche Artenreichtum der beschränkten Westgebiete Südafrikas und Südaustraliens auf ein großes

Südland, die gemeinsame Heimat ihrer Proteaceen und Genossen, zurückzuführen. Vgl. was im 1. Band, S. 351 u. f., über den Einfluß der Kontinente und Inseln auf das Leben gesagt ist.

Es ist wohl möglich, daß hinter diesen einfachen Raumwirkungen, die leicht verständlich sind, auch noch andere liegen, deren Natur ganz unklar ist, weil in ihnen mit dem Raum Lebensvorgänge zusammenwirken, die wir noch nicht übersehen.

Sewerzow beobachtete im Tiënschan, daß die Fische um so kleiner werden, je höher der Bach fließt, in dem sie leben. Daß dies nicht von der Meereshöhe abhängt, beweist der Aksai, der breit und ruhig fließt und in 3000 m ebenso große Fische hat wie unten. Das erinnert daran, daß es Wassertiere gibt, die in Aquarien einfach unzüchtbar sind, und daß manche Süßwasserfische in Bächen und Tümpeln klein bleiben. Die zahlreichen Experimente, die man angestellt hat, um die wahre Ursache dieses Raumeinflusses zu finden, erlauben noch keine bestimmte Antwort. Doch läßt sich mit Bestimmtheit sagen, daß die Nahrungszufuhr, die Luftzufuhr und die Abfuhr schädlicher Zersetzungsstoffe nicht allein den Unterschied des Wachstums in engen und weiten Räumen erklären. Wahrscheinlich muß man für diese Erscheinung die verwandten Fälle in dem unüberwindlichen Widerstand suchen, den manche Tiere dem Leben und der Vermehrung in der Gefangenschaft entgegensetzen. Die Tiergeographen haben schon früher auf die Thatsache hingewiesen, daß in derselben Art Inselbewohner oft kleiner sind als Festlandbewohner (vgl. Bd. I, S. 365). Die Verzwergung ist aber durchaus nicht allgemein, sie scheint sich z. B. nicht auf Reptilien zu erstrecken, denn wir finden auf den säugetierarmen Antillen Riesenschlangen (die Boa constrictor allerdings nur noch auf dem landnahen Trinidad) und einen der größten Leguane, den schwarzen Metopoceros von Santo Domingo, und auf den Galapagos gewaltige Schildkröten, von den amphibisch lebenden Riesenkrokodilen der Antillen und dem japanischen Riesensalamander zu schweigen.

Weiter Raum wirkt lebenerhaltend.

In der Entwickelung des Lebens bedeutet jede Erweiterung des Gebietes einer Rasse oder Art einmal ihr Wachstum an Zahl, dann ihre Anpassung an die verschiedensten Lebensbedingungen und endlich die Abnahme der Möglichkeit des Rückfalles in die Stammrasse oder -art durch Kreuzung. Man darf dabei nicht die elementare geographische Thatsache vergessen, daß, wenn ein Raum im Quadrat wächst, seine Peripherie nur arithmetisch zunimmt; das heißt mit anderen Worten: je größer der Raum einer Lebensform, desto kleiner die Möglichkeit der Berührung und Kreuzung mit ihren Nachbarn. Nehmen wir ein Beispiel aus der Pflanzenwelt. Die Zirbe (Pinus cembra) gehört zu den Bäumen, die einst über einen großen Teil von Eurasien verbreitet waren. Heute kommt sie nur noch in Nordasien in großer Ausdehnung vor, während sie in unseren Gebirgen weit zurückgedrängt ist; in den Bayrischen Alpen z. B. kann man Standorte und Exemplare zählen. Sie hat sich also in dem weiträumigsten Teil ihres Gebietes geschlossen erhalten, und außerdem bedeckt sie noch ein sehr weites Gebiet zerstreut bis zu den Westalpen. Um unter so verschiedenen klimatischen Bedingungen leben zu können, mußte die Zirbe sich ursprünglich über sehr weite Räume zusammenhängend verbreitet haben. Das verschaffte ihr den Vorteil der vielseitigen Anpassung und zugleich das Massengewicht eines Lebewesens, das über Millionen von Quadratkilometern ausgebreitet ist. Ein dritter Vorteil fällt aber noch viel mehr ins Gewicht, nämlich der Schutz dieser Föhrenart, als sie noch im Entstehen war, gegen Kreuzungen mit verwandten Formen. Eine Varietät, die bestimmt ist, mit der Zeit eine wohlunterschiedene Art zu werden, wird dieses Ziel entweder nur in dem Falle der strengsten Absonderung erreichen, welche die Kreuzung mit der Stammart und den Rückfall in deren Eigenschaften ausschließt, oder wenn sie sich so rasch ausbreitet, daß der Raum, den sie bedeckt, als Schutz wirkt. Aber auch dieser Ausbreitung ging in vielen Fällen die Entstehung an einer beschränkten Stelle, im „Schöpfungsmittelpunkt“, voraus. Eine Verbreitungsgeschichte wie die Zirbe haben tausend andere Hochgebirgspflanzen und -tiere.

Für die blonde Rasse sind Landschaften als Ursprungsgebiet bezeichnet worden, die nur ein paar tausend Quadratkilometer groß sind. Um aber in der ungemein langen Zeit, die zur Ausbildung und Befestigung der blonden Rasse nötig war, fremde Einflüsse nicht aufkommen zu lassen, ist entweder eine Insel als Ursprungsland vorauszusetzen oder nur ein sehr großes Festlandgebiet. Für eine Insel spricht in diesem Falle wenig, für ein weites Ursprungsland viel. Wächst ein Volk ungestört, so fließt es langsam auf der ganzen Peripherie in seine Umgebung über, wächst es aber unter inneren Stürmen und Reibungen, so werden Teile nach außen gedrängt, und andere ziehen sich von selbst in entlegenere Gebiete zurück. In beiden Fällen wächst der Raum des Volkes mit der Zeit, die nötig ist, in dem Volke den Übergang zu einer neuen Abart oder Rasse zu bewirken. Im Falle der Arier verlangen auch die knospen- und astartig treibenden Verzweigungen des großen Sprachstammes, der sicherlich in der Alten Welt einst mächtiger war als heute, Raum für ein freies Auseinanderstreben. Der Baum braucht Licht und Luft, um zu wachsen, dieser Sprachen- und Völkerbaum brauchte freien Boden, um sich zu verzweigen. Nur in weiten Räumen konnte jeder Zweig sich eine so große Selbständigkeit bewahren, daß er die Besonderheiten entfalten konnte, die ihm sein Sonderdasein gewährleisteten. Wenn man gerade bei den Bewohnern der Länder um die Ostsee so oft die Beständigkeit der Rassenmerkmale bewundert hat (denn dort liegen in den neolithischen Gräbern dieselben Skelette wie in denen, die Bronze und Eisen haben, und in den Gräbern von gestern), so spräche sich darin einfach ein Stillsitzen durch Jahrtausende aus, das übrigens gegen alle Gesetze des Völkerlebens geht; es bedeutet vielmehr anderes und größeres: auf der Meerseite gegen verändernde Rasseneinflüsse geschützt, vom Lande her von Rassenverwandten umgeben, floß nichts Fremdes den Völkern der westlichen Ostseeländer und besonders der Skandinavischen Halbinsel zu. Erst in den weiteren Umgebungen der Blonden bildeten sich Mischrassen, und so liegen ja in der That südlich von den Blonden die Gebiete der Arier mit dunklem Haar und hellbrauner Haut, und weiterhin folgen die der semitischen und hamitischen Völker, in denen durch mulattenhafte Züge das beigemischte Negerblut sich nach Süden zu immer deutlicher zeigt, ebenso im Osten die schon in einem großen Teil von Osteuropa auftretenden Übergangsformen zu den Mongolen. Die Lappen, die heute in Nordeuropa die Menschengrenze besetzt haben, dürften dort keine alte Erscheinung sein. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Blonden in ihrer Bildungszeit den Rücken im Norden ganz frei hatten.

Das räumliche Bild einer Rassen- oder Artbildung hat man sich in drei verschiedenen Abschnitten von sehr abweichender Größe zu denken. Zunächst wird die Abartung in einem besonderen Gebiet entstehen, in dem sie noch hart neben dem von der Stammart eingenommenen Raume liegt oder sogar von ihm eingeschlossen ist. Erweist sich die neue Form lebensfähig, so wird sie sich ausbreiten, und dieses neue Gebiet wird von einem Saum oder Grenzgebiet umgeben sein, in dem Übergangs- und Kreuzungsformen vorkommen; dieses Gebiet wird größer sein als das erste und wird in sich zusammenhängen. Mit der Zeit werden die Grenzgebiete verschwinden, indem deren Übergangsformen aufgesogen werden oder sich zu eigenen Rassen oder Arten entwickeln. Das Gebiet der neuen Art wird sich nun mit Gebieten berühren, in denen weit abweichende Arten wohnen; diese greifen vielleicht in das erstere Gebiet über und zerstören seinen Zusammenhang, und endlich bleiben von dem einstigen großen, zusammenhängenden Gebiet nur noch einige Inseln übrig: also enges Entstehungsgebiet, weites zusammenhängendes Gebiet mit Übergängen, dann weites einheitliches Gebiet ohne Übergänge, dann zum Schluß wieder enge Rückgangsgebiete. Die Entwickelung neuer Lebewesen wird also in vielen Fällen auf einer Aufeinanderfolge von räumlicher Zusammenziehung und Ausbreitung beruhen. Neue Abarten und Arten werden in vielen Fällen engen Raum fordern, um sich abzusondern; haben sie aber ihre neuen Merkmale befestigt, dann müssen sie sich in weitem Raum die Widerstandskraft gegen Kreuzung und klimatische Einflüsse erwerben. Diese Erhaltung der Arten in ihren Sondereigenschaften ist ja viel merkwürdiger als ihre Entstehung durch die bekannte Variation; und diese Erhaltung ist eben dem Abschluß des Feldes gegen ungünstige Kreuzungen zu danken, die nur durch rasche Ausbreitung zu gewinnen ist, wenn nicht die Natur selbst, wie auf Inseln, Schranken gesetzt hat.

Fassen wir nun den letzten Zustand in der Entwickelung der Rassen und Arten ins Auge, den der Auflösung des Wohngebietes in eine Anzahl von „Erhaltungsgebieten“. Jede Rasse und Art im Rückgang gewährt uns dieses Bild: enge Gebiete, weit voneinander getrennt, keine Verbindung durch naheverwandte Arten, keine Abstufung, sondern Lücken. Nicht einmal verwandte Arten nehmen diese getrennten Gebiete ein, sondern Gattungen, die eine ganz verschiedene Entwickelung hinter sich haben; die Grenz- und Mittelformen sind ausgefallen.

Gehen wir durch den Tropengürtel der Alten Welt von Westen nach Osten, so begegnen wir in Unterguinea, etwa zwischen 0 und 5° südl. Breite, dem anthropoiden Affen Gorilla; tiefer im Inneren findet man, soweit der Wald Klettertieren Raum beut, also bis zu den großen ostafrikanischen Seen, ungefähr soweit wie die Ölpalme und der Graupapagei reichen, den Schimpansen, dann jenseits der Lücke des Indischen Ozeans den Orang-Utan auf den Großen Sunda-Inseln: drei weitverschiedene Gattungen in weitgetrennten engen Gebieten desselben Tropengürtels, jedes von einer einzigen Art bewohnt, die nur unwesentliche Variationen zeigt: Zusammenziehung bis zur Zerreißung. Erinnern nicht diese drei „Verbreitungsinseln“ der menschenähnlichen Affen an das biogeographische Merkmal der Inseln, monotypische Gattungen, also Gattungen mit nur einer Art oder wenigen Arten, besonders häufig zu beherbergen?

Lebensdichte, Wohndichte und Artdichte.

Die Dichte des Wohnens ist ein biogeographischer Begriff, der bisher allein in der Volksdichte wissenschaftlich durchgebildet wurde, aber für alle Organismen von Bedeutung ist. Die Lebensdichte stuft sich von den lebensreichsten Urwäldern der Tropen bis zu den Firnfeldern ab, auf denen nur noch ein dünner Anflug von Schneealgen (Protococcus) sich kümmerlich erhält. Im Wald stehen die Bäume gedrängt, im Hain (s. die Abbildungen, S. 601 und 603) lassen sie lichte Räume zwischen sich, in der Wiese ist der ganze Boden grün von Gras, in der Steppe scheint der gelbe Boden durch, in der sandigen Steppe überwiegen oft die unbewachsenen Stellen des Bodens die bewachsenen. Tropische Meere haben wahrscheinlich überall ein dünneres Plankton als gemäßigte. Das Korallenriff, die Muschelbank, der Ameisenbau, der Bienenstock, der Vogelberg und andere gemeinsame Vogelbrutplätze, das Dickicht sind örtliche Verdichtungen des Lebens; in ähnlicher Weise finden sich die bei uns vereinzelt nistenden Singvögel an den Ufern der mittleren Donau in alten, trockenen Riedgehölzen mit verschiedenartigem Baum- und hohem Graswuchs und Rohr in wahren Singvogelkolonien zusammen.

In der Regel wird die Nahrungszufuhr der entscheidende Grund der Wohndichte der Lebewesen sein. Die interessanten Studien Dahls über die Zahl der Tierindividuen und -arten in bestimmten Gegenden zeigen, daß der Strand am tierreichsten ist und offene Stellen tierreicher als der Wald; in derselben Zeit fing er am Ostseestrand mit Köder 182 Asfliegen von 6 Arten, am Strand von Ralum in Neupommern 1423 mit 13 Arten. Daß es aber besondere Verhältnisse der Lebewesen zum Raum gibt, mit denen die Nahrungsgewinnung nichts zu thun hat, zeigen besonders Beispiele von weitverbreiteten, dabei aber überall nur vereinzelt wohnenden seltenen Tieren und Pflanzen. Trotz seiner weiten Verbreitung kann der Dachs nirgends häufig genannt werden; der Kolkrabe ist in den Alpen noch immer weit verbreitet, aber fast überall selten, und er nistet in den unzugänglichsten Dickichten und auf steilen Höhen. Warum sind die Grajischen Alpen artenreicher als irgend ein anderer Abschnitt der Alpen? Selbst der Anfänger wird bald den Unterschied merken zwischen dem Vorkommen von geselligen Gewächsen, die dicht beisammen wachsen, und von solchen, die immer nur einzeln über große Entfernungen zerstreut sind. Wer hat Orchideen so dicht wie Wiesenschaumkraut wachsen sehen? Die beiden pflegen doch auf denselben Wiesen zu derselben Zeit aufzutreten. Primula veris, elatior, longicaulis, farinosa durchsticken

gesellig Frühlingstriften nördlich und südlich von den Alpen; aber die schöne große Primula auricula der Voralpen und Hochmoore, eine der stolzesten des Geschlechtes, tritt nur einzeln auf.

Der Begriff der **Intensität des Wohnens**, aus dem der Dichte entwickelt, ist ebenfalls in der Statistik der Menschen wissenschaftlich durchgebildet, wo er besonders für das städtische Wohnen in übereinanderliegenden Stockwerken angewendet wird. Die Höhengliederung eines dichten Waldes in Unterholz, Baumwuchs von verschiedener Höhe und in den Baumkronen siedelnde Schlinggewächse (s. die Abbildung, S. 605), wobei jedes Stückchen Boden vielfach besetzt ist, ist ein naheliegendes Beispiel. Aber ein Korallenriff mit Tausenden, ein Termitenbau

Eukalyptuswald in Australien. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 600.

mit Hunderten von „Stöcken" übereinander, ein Bienenstock, sogar die mit kleinen Deckelschnecken buchstäblich inkrustierte Mündung eines Oasenbrunnens der Sahara gleichen noch mehr dem Wohnen der Menschen in den Großstädten. Für alle diese Wohnweisen ist bezeichnend das Minimum von Wohnraum, das dem Einzelwesen zufällt. Sein Nahrungsraum läßt sich natürlich nicht in demselben Maße verkleinern. Die Bienen überfliegen weite Strecken nach Nahrung, die beweglichen Ameisen durchforschen weite Gebiete rings um ihren Wohnhaufen; den Riffkorallen trägt die Brandung immer neue Nahrung rastlos zu; der Wald und die Wiese gedeihen nur auf nahrungsreichem Boden, in dem ein Wiederersatz der entzogenen Nahrungsbestandteile möglich ist. Erinnert nicht das alles an die weltweite Ausbreitung des Absatz- und Zufuhrgebietes einer Großstadt? Es gibt auch eine **biogeographische Übervölkerung** und eine damit Hand in Hand gehende Herabdrückung der Lebenshaltung der Organismen. Niemand wird zweifeln, daß ein tropischer Urwald ein echtes Bild der Übervölkerung ist.

Auf den Vogelinseln, welche zahlreichen Arten als Brutstätte dienen müssen, leben viele Arten in Erdhöhlen, hart darüber nisten Vögel unter einem Strauch, und eine dritte Höhenstufe wird von den auf dem Strauche nistenden eingenommen. Dort, wo Gebüsch wächst, namentlich die strauchartige Melde, kommt es vor, daß nicht bloß zwei, sondern vier Parteien übereinander wohnen und nisten: oben der Fregattvogel, weiter unten die Himatione, auf der Erde der Tropikvogel und im Boden der schwarze Sturmtaucher. Eine Raumfrage ist es auch, wieviel Eier ein Vogel legen und ausbrüten kann. Auf kleinen ozeanischen Brutinseln, wo die Nahrung gering, legen fast alle Vögel nur ein Ei oder brüten von zwei gelegten nur eines aus. Es ist eine weitere merkwürdige Anpassung an die Raumbedingungen, daß die Vögel, die nur kleine, flache, sandreiche ozeanische Inseln zum Brutgeschäft aufsuchen können, auf dem engen Raume einander ablösen. Zu bestimmten Zeiten, die nur um wenige Tage schwanken, treffen bestimmte Vogelarten ein, andere ziehen ebenso fort. So herrscht dann ein fortwährendes Kommen und Gehen, dessen Folge ist, daß fast zu jeder Jahreszeit der Raum solcher Inseln durch brütende Vögel ausgenützt wird.

Eine ganz andere, großartigere Anwendung findet der Begriff Intensität in dem, was wir Lebensschichtung nennen wollen. Es ist ein Unterschied der Lebensintensität zwischen der Wassersäule des Weltmeeres von 9000 m Höhe, die mit Leben erfüllt ist, und der eines Tümpels von 1 cm Höhe, oder wenn im Tiefland die Lebensfläche in den Grenzen von 0 und 300 m sich bewegt, während im Hochland zahlreiche klimatische Lebensstufen übereinanderliegen. Aber welches gewaltige Raumübergewicht liegt allein in der Tiefenverbreitung der Meerestiere! Auch schon der Fischreichtum eines kleinen Sees, etwa des Traunsees, der 24 qkm groß ist, mit 25 Arten, setzt die Übereinanderschichtung der Lebensgebiete voraus. Für diese Lebensschichtung bietet die Statistik des menschlichen Wohnens kein Beispiel; denn während dieselben Menschen z. B. in der Großstadt wesentlich unter denselben Lebensbedingungen intensiver einen Raum bewohnen als andere, schichten sich dort die verschiedensten Lebensformen entsprechend ihren verschiedenen Lebensbedingungen übereinander.

Große Wohndichte und Intensität des Wohnens zusammen erzeugen die Lebensfülle, deren Zunahme mit der Wärme wir als eine der größten Erscheinungen der Verbreitung des Lebens kennen gelernt haben (vgl. oben, S. 521 u. f.). Die in vermehrtem Maße hereingestrahlte Sonnenwärme steigert im allgemeinen die Energie der Lebensprozesse, besonders reich sind aber alle lichtreichen Gebiete, z. B. Savannen und Campos im Gegensatz zu dunkeln Wäldern. Gebiete, welche Savannen und Galerienwälder vereinigen, sind doppelt reich: das brasilianische Gebiet mit seinen 10,000 endemischen Arten legt Zeugnis dafür ab.

Bei den Landschnecken führt die ungeheuere Entfaltung einer kleinen Summe von Merkmalen zu einer gewaltigen Menge von Arten (3400 Helix-Arten) auch auf die Schwerbeweglichkeit zurück, sie spricht die Erdgebundenheit im klimatischen, topographischen und chemischen Sinne aus; aber sie äußert sich auch stärker in warmen als in kalten Zonen: die größten Individuen, der größte Formen- und Farbenreichtum gehören auch im Reich der Mollusken den warmen Erdgürteln an.

Ein anderer Vorteil der warmen Erdgürtel, der vielleicht noch höher anzuschlagen ist, liegt in der Vervielfältigung der Lebensbedingungen auf engem Raum, welche die Abnahme der Wärme mit der Höhe mit sich bringt. Ein Ausschnitt mexikanischen Stufenlandes von 4000 m Höhe und beliebiger Schmalheit vereinigt die Tropen, das gemäßigte Klima, das kalte Klima (s. Band I, S. 699) samt allen Übergangsstufen. Die tropische Lebensfülle zeigt sich selbst in den Höhlen. Wo zufällig durch eine enge Felsenspalte Sonnenlicht einzudringen vermag, da wandert mit dem Tag auch die ganze Fülle tropischer Vegetation hinein und verwandelt die Höhle in einen Zaubergarten (Martin). Erwägen wir die Geschichte des Lebens, so wird zunächst im allgemeinen das Überleben der Tiere immer leichter gewesen sein im warmen und feuchten Klima, das eine reichliche Ernährung in einer üppigen Pflanzenwelt gewährleistete, als im kalten

oder trockenen. Und die Keime der Pflanzen werden sich ebenfalls leichter unter einem Überfluß von Wärme und Feuchtigkeit weiter entwickelt haben, die einen gleichmäßigen Ablauf der Lebensprozesse gestatteten, als unter schroffen Wechseln von Wärme und Kälte, Feuchtigkeit und Trockenheit, wie sie schon in den gemäßigten Erdgürteln Regel sind.

Die Artdichte sagt uns, wieviel Raum in einem Gebiete auf jede Art kommt; sie ist also ein Ausdruck für die biogeographische Eigentümlichkeit dieses Gebietes. Wenn man für Österreich-Ungarn rund 5000 Pflanzen- und 30,000 Tierarten annimmt, ohne Einrechnung

Palmenhain in Paraguay. Nach der Natur von K. Cenike. Vgl. Text, S. 600.

der noch zu wenig erforschten kleinsten Lebewesen, so kommt eine Pflanzenart auf 1200 und eine Tierart auf 20 qkm. Dabei sind aber die Raumansprüche der verschiedenen Gruppen sehr verschieden: eine Raubtierart kommt auf 40,000, eine Insektenart auf 25 qkm. Dieses Land ist ungemein reich an Binnenmollusken, wovon eine Art auf 900 qkm kommt, während in Italien eine Art erst auf dem doppelten Raum vorkommt. Aber in Jamaika kommt eine Landschneckenart schon auf 20 qkm. Begeben wir uns in Länder, wo das Leben überhaupt arm entwickelt ist, so sehen wir eine geringe Artdichte mit einer kleinen Individuenzahl und einer Abschwächung des allgemeinen Formenreichtums Hand in Hand gehen.

Die arktische Lebewelt gibt uns das größte Beispiel eines weiten Gebietes, das arm an selbständigen Lebensformen, arm an Arten und zugleich arm an Individuen ist. Nur an wenigen Stellen drängt sich in geschützten Buchten und auf den Vogelbergen ein reiches Leben auf engem Raum zusammen. Es kann uns nicht beirren, daß manche Tiergeographen, wie Sclater und Wallace, ein selbständiges Gebiet der Tierverbreitung daraus gemacht haben, vergleichbar den anderen großen Provinzen, wie der paläarktischen,

orientalischen, australischen und anderen. Wir sind vielmehr mit Brauer und Scharff der Meinung, daß man höchstens eine „Subregion" darin zu erblicken habe. Das arktische Gebiet hat hauptsächlich negative Merkmale. Von den sechs typischen Säugetieren der Arktis sind das Renntier, der Eisfuchs, der Lemming und der Schneehase auch außerhalb der Arktis heimisch. Gerade das Gebiet des Schneehasen ist so recht bezeichnend für die Unmöglichkeit, ein großes selbständiges Gebiet arktischer Lebensverbreitung abzusondern. Es reicht tief in das gemäßigte Eurasien und Amerika, nach Sachalin, Japan, Irland und Schottland, umfaßt die Skandinavische Halbinsel, hat vorgeschobene Posten in den Pyrenäen, Alpen, Karpathen und dem Kaukasus. Noch weiter reichen die Verbreitungsgebiete arktischer Vögel nach Süden; diejenigen der Schneehühner indessen sind denen des Schneehasen sehr ähnlich. Unter den arktischen Pflanzen gibt es nicht wenige, deren Verbreitungsgebiete mit den eben genannten übereinstimmen.

Auf der Greely-Expedition wurden in dem nördlichsten bisher bekannten Teile der Erde 60 Blütenpflanzen, 2 Equiseten, 2 Farne, 61 Moose, 1 Lebermoos und 7 Flechten gefunden. Welcher Reichtum dagegen auf enger Fläche in warmen Ländern! Unter 20° südl. Breite hat Warming in den Campos von Minas Geraes ca. 800 m hoch auf einem Raum von 170 qkm gegen 2600 Blütenpflanzen gesammelt. Das ist ein Artenreichtum, der dem Deutschlands samt den nördlichen Alpenländern gleichkommt. Auf einem Raum, wo in Nord- und Mitteleuropa nicht über 3000 Arten von Pflanzen leben, hat Indien deren 9000. Das Kapland hat auf einem Raum, der nicht viel größer ist als Deutschland, 6600 Arten. Ja, schon der Vergleich mittel- und südeuropäischer Gebiete zeigt einen großen Überschuß von Arten in den letzteren. Die Iberische Halbinsel und die Balearen zählen 6020 Arten, Deutschland 2480, Großbritannien mit Irland 1530, Norwegen 1500. Korsika hat 1725, Sardinien 1820 Gefäßpflanzen, Korsika darunter 58 eigene. Im allgemeinen sinken zugleich mit der Lebensdichte die Wohndichte und Artdichte mit der Höhe. Aber die Hochländer bieten dann doch wieder viele Gelegenheiten zur Absonderung der Lebensformen, weshalb hier die Abnahme der Artenzahl weniger deutlich hervortritt, als wenn wir polwärts ähnlichen Lebensbedingungen zuschreiten. Die Flora nivalis der Schweizer Alpen zwischen 2500 und 4000 m Meereshöhe zählt allein noch 338 Arten von Blütenpflanzen, fast soviel wie ganz Grönland. In den Anden Südamerikas ist die Artenzahl in den alpinen Höhen der Paramos oft größer als in den nächsttieferen Regionen, z. B. bei Vögeln und Amphibien. Bürger fand auch den Insektenreichtum im tropischen Südamerika in mittleren Hochlandhöhen größer als im heißen Tiefland.

Die Hochländer und Hochgebirge Zentralasiens, die den größten Teil von Tibet und der Mongolei umfassen, gehören trotz der hohen Lage und der Wüstenstriche, von denen sie durchsetzt werden, zu den formenreichsten Lebensgebieten. Tibet ist durch „einen geradezu insularen Reichtum an eigenen Formen" ausgezeichnet, wogegen von der Mongolei an nach Norden jene Verarmung eintritt, die den ganzen Norden Eurasiens beherrscht. Auch nach Ländern günstigster Lebensbedingungen, nach Südosten, tönt der Lebensreichtum Asiens gegen Australien zu aus; wir haben schon in Celebes und Timor ein Gebiet zunehmender Verarmung. Weiterhin ist Neuseeland biogeographisch sehr verschieden von Australien, aber nicht durch eigene, diesem Erdteil fehlende Lebensformen, sondern durch den Mangel der für Australien typischen Formen. Die zahlreichen endemischen Arten Neuseelands sind großenteils australischer Verwandtschaft, und gerade die für die Landschaft Neuseelands ausschlaggebenden, häufigsten oder auffallendsten gehören dazu. Neuseelands Pflanzenreich hat viele Gattungen (300), aber nur 12 davon sind ihm eigentümlich. Die Selbständigkeit Neuseelands (s. Band I, S. 360) ist demnach zwar groß in den Arten, also in den jüngsten und wenigst eigentümlichen Lebensformen, aber geringer in den Gattungen. Wenn wir damit die Seychellen mit 60 besonderen Arten, worunter sechs besondere Gattungen, meist Palmen, vergleichen, so erscheint uns Neuseelands Selbständigkeit als eine

Hochwald auf Ceylon. Nach E. von Ransonnet Vgl. Text, S. 601.

mehr oberflächliche Eigenschaft. Und in Amerika, welche Einförmigkeit bei den Pekaris, die gerade die warmen Striche Nord- und Südamerikas zwischen 45° südl. Breite und 40° nördl. Breite in nur zwei Arten bewohnen! Fast ebenso ärmlich sind in Südamerika die Hirsche entwickelt.

Die Verdichtung endemischer Palmen auf den Seychellen ist die merkwürdigste Erscheinung in der Phytogeographie der kleinen Inseln des Indischen Ozeans. Noch auffallender wird sie, wenn man sie mit der Palmenarmut Madagaskars und der anderen Inseln des Gebietes vergleicht. Ähnliches zeigt die den Tropen der östlichen Halbkugel eigene Familie der Pandaneen, die von der Küste Westafrikas in den tropischen Breiten bis zu den äußersten Inseln Ozeaniens vorkommt; wir finden ihre größte Artverdichtung auf den Inseln des westlichen Indischen Ozeans: Mauritius, Bourbon, Rodriguez; die Seychellen haben ihre endemischen Arten, Madagaskar hat allein 20, wahrscheinlich noch darüber.

Um auch eine Pflanzengruppe der gemäßigten Zone, und zwar der südlichen, hervorzuheben, betrachten wir die Proteaceen, jene in fast 1000 Arten kleiner Bäume und großer und kleiner Sträucher mit immergrünen Blättern die Australgebiete der Erde höchst ungleich bevölkernden, aus den Nordgebieten völlig ausgeschlossenen Pflanzenfamilie. Australien hat 591, Südwestaustralien allein 376, das südwestliche Kapland 262, Neukaledonien 27, das ganze indomalayische Florengebiet vom Himalaya bis Cochinchina nur noch 25, das tropische Südamerika 36, das gemäßigte Südwestamerika 7. Wie würden sich die Säugetiere, zunächst einmal ohne Monotremen und Marsupialier, auf einer Karte der Artdichte darstellen? Im allgemeinen artenarm in den gemäßigten und kalten Gebieten der Nordhalbkugel, wo große Ebenen die Verbreitung begünstigen, ähnlich in den Steppen- und Wüstengebieten südlich davon, bis etwa 15° nördl. Breite. Dagegen würden wie Oasen größeren Reichtums einige Hochländer und Inseln dieser Zonen erscheinen, z. B. schon die Alpen, Korsika, der Kaukasus, dann Tibet. Aber doch bliebe Artarmut der herrschende Zug im allgemeinen bis an die Nordränder der tierreichen tropischen Wälder und Savannen in der Alten und Neuen Welt, jenseits deren wir dann einem zweiten Maximum der Artdichte begegnen würden in den klimatisch und orographisch mannigfaltig gearteten Ländern der südlichen gemäßigten Zone, die von den Ländern derselben Zone auf der Nordhalbkugel sich durch den Mangel der ausgebreiteten Ebenen unterscheiden. Wir erkennen den Zusammenhang der Artdichte mit der allgemeinen Lebensdichte, zugleich aber auch Besonderheiten, die einen erdgeschichtlichen Grund haben müssen.

F. Lebensgrenzen und Gebiete der Lebensverbreitung.

Inhalt: Die Lebensgrenzen als Erzeugnis organischer Bewegungen. — Grenzgebiete. — Natürliche Grenzen. — Die Grenze als Kampfplatz. — Die Gebiete der Pflanzen- und Tierverbreitung.

Die Lebensgrenzen als Erzeugnis organischer Bewegungen.

Überall, wo eine organische Bewegung, deren Träger die Individuen einer Art oder die Bäume eines Waldes oder die Glieder eines Volkes sind, Halt macht, entsteht die Grenze eines Lebensgebietes, und diese Grenze ist immer ein Saum, an dessen Innenseite die geschlossene oder Massenbewegung zum Stehen kommt, während die Vorposten oder Ausläufer darüber hinaus gehen. So liegen jenseits des geschlossenen Sprachgebiets der Deutschen in Mitteleuropa Sprachinseln, wie in West- und Ostungarn und Siebenbürgen, und Tausende von einzelnen Deutschen wohnen zwischen ihnen zerstreut. Und wo der Wald aufhört, da geht über ihn hinaus der parkartige Wuchs vereinzelter Baumgruppen, und über diese wieder hinaus kommen einzelne Bäume vor. Demnach ist jede Grenze nicht eine einfache Linie, wie sie so oft gezeichnet wird, sondern sie besteht immer aus hintereinander folgenden Wellenlinien und Punktreihen.

Das ist auch von Bedeutung für die Erkenntnis der Richtung, in der die Bewegung ging; denn wo ihr Halt geboten wird, bricht sie in der Regel nicht plötzlich ab, sondern bezeichnet die Richtung ihres Vorschreitens durch eine Anzahl von Vorposten, welche über die geschlossene Linie des Firnes, des Waldes u. s. w. hinausgehen: die Hauptwelle ist im Vorschreiten gehemmt worden, aber sie zittert nun in weiter hinausgeworfenen, niedrigeren Wellenringen über den Ort des Stillstandes hinaus. Die Masse kann die Bewegung nicht fortsetzen, die einzelnen Glieder übernehmen sie vermöge ihrer Fähigkeit, günstige Bedingungen in räumlich beschränktem Vorkommen auszunutzen. Deshalb ist, so wie wir von der Firngrenze die Firnfleckengrenze unterschieden (s. oben, S. 319), außer der Waldgrenze die Baumgrenze zu bestimmen. Und diese Verdoppelung des alten, allzu einfachen Begriffes Waldgrenze ist nichts Vereinzeltes oder Besonderes, sondern wiederholt sich bei jeder Höhengrenze, weil sie im Wesen derselben als der Grenze einer allmählich abnehmenden Bewegung liegt.

Wir sehen, daß die Höhengrenzen an den Bergen überall vorgedrängt sind, wo die Bewegung begünstigenden Umständen begegnete, und zurückweichen, wo diese auf eine Hemmung trifft. Und je größer der Wechsel der äußeren Bedingungen, desto unregelmäßiger ist der Verlauf der Höhenlinien. Betrachten wir einmal den unteren, in den nördlichen Kalkalpen bei etwa 1800 m verlaufenden Saum eines Waldes von Fichten, die mit flachen, aber ungemein langen und windungsreichen Wurzeln sich gern auf felsigen Hängen halten. Dieser Wald setzt ab, wenn etwa der Steilabhang einer Bergwand durch eine Terrasse von langsamerem Abfall unterbrochen wird, und läßt auch den Strich frei, in dem ein die Terrasse herabrinnender Bach seinen Weg findet, und hufeisenförmige Waldränder, die Grashänge umgeben, sind die Folge davon; es ergeben sich also nicht bloß Ausbuchtungen, sondern auch Ausläufer, zu deren Entstehung es nicht einmal immer der Begünstigung durch die Art und Gestalt des Bodens bedarf. Wie selbst die letzten Bäume an der Grenze ihre Aussaat bewerkstelligen, zeigen die vorwiegend vertikalen Verbreitungszonen ihres Nachwuchses. Versetzen wir uns wiederum in unseren Kalkalpen an den oberen Saum desselben Waldes, so sehen wir die Fichten von den steileren Halden aus, an denen sie von den Thalgründen her mit Vorliebe aufsteigen, in immer schmäler werdenden Bändern gegen die Kämme aufwärts ziehen, scharf abschneidend gegen die sanfter geneigten Grasmatten auf beiden Seiten; nur beim breiteren Hervortreten eines Felsriffes breiten sie sich aus. Umgekehrt bilden auch herabwandernde Alpenpflanzen, die ihren Weg in der Regel an den Bächen und Flüssen abwärts suchen, Ausläufer eines im höheren Teil eines Gebirges geschlossen liegenden Verbreitungsgebietes, die sich endlich in die kleinen Inseln auflösen, wo wir Alpenrosen, Legföhren, Bergaurikeln am Fuß des Gebirges auf Lawinenschutt, Mooren und anderen günstigen Stellen finden.

Zahlreiche feinere und doch charakteristische Züge im Landschaftsbild der Hochgebirge führen auf die eigentümlichen Grenzerscheinungen des geselligen Baumwuchses zurück (s. die Abbildung, S. 608). Von den Felsklippen, die den Wald durchbrechen, gehen nach unten am häufigsten die baumlosen Streifen aus, in denen Lawinen und Schuttfälle stattfinden. Die Lawinengänge erkennen wir in den senkrecht zur Kammlinie stehenden Reihen, in denen das Nadelholz aufwärts zieht. Buchen, Fichten, Zirben ziehen wie Kolonnen hintereinander an den Bergflanken hinauf. Wo die Fichten verkümmern, bilden die Arven mit frischer Wachstumskraft ihren herrlichen Wald an der äußersten Waldgrenze, und an anderen Orten bringen ebenso die Lärchen über die Fichten hinaus. Auf einer anderen Seite sehen wir den Abhang eines fernen Berges wohl nach Schneefall gerippt wie ein Ulmenblatt: das ist das Wachstum der Krummholzbestände in parallelen Streifen, die durch die Lawinen- oder Schuttbahnen getrennt werden.

Die Höhengrenzen geben uns gleichsam nur eine gedrängte Vorstellung der Verhältnisse, die den Verlauf der Lebensgrenzen in ganzen Erdteilen bestimmen. In ähnlicher Weise

tritt in den Prärien von Nordamerika nach Westen zu der Baumwuchs zurück, indem er sich mehr und mehr auf die einzelnen aufragenden Rundhöcker beschränkt und mit ihnen endlich ganz verschwindet; dafür beginnt das Wiesenland, das sich zunächst nur längs der Schwemmlandpartien einstellte, zu herrschen. Etwa in einer Stunde Eisenbahnfahrt vollzieht sich dieser

Nadelwald im nordamerikanischen Felsengebirge. Nach Photographie von E. Deckert. Vgl. Text, S. 607.

Übergang vom Urwalde zur Prärie. Gerade so klingt auch polwärts der Wald und darauf auch der Baumwuchs langsam aus. „Hier hört der Baumwuchs auf; von hier aus nördlich sieht man fast nichts mehr als Gesträuch, das immer niedriger und spärlicher wird, je weiter man vorrückt", schreibt Wrangel von dem Wege von Sredne nach Nischne Kolymsk. Und etwa 35 Werst nördlich von Kolymsk, am linken Ufer der Kolyma etwas früher als am rechten, sah er dann auch Zwergbäume und Gesträucher ganz verschwinden. Betreten wir nun die Tundra,

wo den Boden fast nur noch Flechten und Moose bedecken, so fühlen wir uns wiederum an das Hochgebirge erinnert. Denn erscheint eine neue Vegetation auf eisfrei gewordenem Boden nicht auch in den Alpen mit Flechten, Algen und Moosen?

Jede Naturmacht, die dem Leben Grenzen setzt, gestaltet diese in ihrer Weise; daher stammt die Verschiedenartigkeit der klimatischen, der orographischen, der von der Bodenart abhängenden Grenzen und der Grenzen, die ein Lebensgebiet dem anderen setzt. Den größten Zug haben die klimatischen Grenzen, die wir parallel den Zonen um die ganze Erde herum verfolgen, wie den Gürtel der riffbauenden Korallen, oder die wir Erdteile halbieren sehen, wo sie ozeanische und kontinentale Lebensformen voneinander trennen. Mindestens von 55° nördl. Breite bis zum Golf von Mexiko teilt so der 100. Meridian Nordamerika in eine östliche Wald- und Wiesen- und eine westliche Steppenhälfte. Beispiele von orographischen Grenzen haben wir in größerer Zahl in dem Abschnitte „Der Boden und das Leben“, Bd. I, S. 679 u. f., kennen gelernt. Sie teilen mit den Grenzen der Bodenart, die wir ebendort, S. 684 u. f., besprochen haben, die Eigenschaft, nicht sehr weit, aber oft sehr scharf gezogen zu sein. Scharfe Grenzen finden wir auch dort, wo der Boden selbst oder das Wasser im Boden die Verbreitung bestimmen. Eine Schuttreuse, die den Felsenboden überlagert, unterbricht auch den Waldgürtel. Der Grundwasserwald hat immer schärfere Grenzen als der Regenwald. Wie europäische Forsten gegen die anstoßenden Äcker und Wiesen scharf abgegrenzt sind, so ist es in Afrika der Uferwald gegen die Grasflur; dort ist die Hand des Menschen das regulierende Prinzip, hier die Erstreckung des Wassers im Boden der Bachufer. Und Stanley schildert die Grenze des Urwaldes auf dem Marsche nach dem Albert-Edward-See, wo „der Wald, schwarz wie die Nacht, die Reisenden mit den vorspringenden Kaps und den zurücktretenden Buchten der ewig dunkeln Masse begleitet“. Wenn O. Nordenskiöld die Waldgrenze an den feuerländischen Bergen in 400 bis 500 m „so gerade wie die Flutmarke von angeschwemmten Seepflanzen am Meeresufer“ nennt, so kann man endlich nur an die das Leben zurückstauende Wirkung der beständigen und heftigen Winde des Westwindgürtels über dem Südmeer denken.

Grenzgebiete.

Der Grenzsaum erweitert sich zwischen Gruppen von Lebewesen in solchem Maße, daß er ein besonderes Gebiet, ein Grenzgebiet wird. Ist er doch schon wegen der eigentümlichen Zusammensetzung seiner Flora und Fauna, seiner menschlichen Bewohner in vielen Fällen deutlich von den Kerngebieten abgesondert. Indem die Bewegung des Lebens einen Grenzsaum vorschiebt, nimmt dieser nacheinander eine Reihe von hintereinanderliegenden Gebieten ein, die sich in dem Maße ändern, als die Verschiebung eintritt. Und wenn nun diese Bewegungen ihre Spuren zurücklassen, empfangen weite Gebiete die Merkmale von Grenzgebieten oder Übergangsländern. Solcher Art sind schon die Krummholzgürtel zwischen Wald- und Mattenregion der Hochgebirge, mehr noch die über Breitengrade sich ausdehnenden Übergangsgebiete zwischen der Wüste und Savanne im Sudân und die Gürtel der Galerienwälder zwischen Savanne und Urwald. Dem Strande vergleichbar sind das alles Erscheinungen von der größten Mannigfaltigkeit. Der dichte Wald, der sich am Ituri in einen Hain hoher, einzeln stehender Bäume auflöst, worauf im leichtwelligen Grasland die schmalen Streifen der Galerienwälder hinausziehen und auf den felsblockbesäeten Höhen dunkle Gebüschgruppen erscheinen, erinnert an die Welle, die sich teilt, indem sie den Strand hinaufeilt, oder umgekehrt ist es die zum Meer zurückkehrende Welle, wenn die bisher auf die Thalrinnen beschränkten Macubawälder auch außerhalb

der Flußthäler und Niederungen auftreten, wie es Pogge am Kassai sah, wo die Campinenplätze dann immer seltener wurden und endlich im Mündungsgebiet von den 40 m hohen Hügeln, die von oben bis unten dicht bewaldet waren, kein Umblick mehr möglich und der Wald so dicht war, daß Pogge einen ganzen Tag die Sonne nicht zu Gesicht bekam. Immer aber ist es das Bild des Strandes, wo Fels und Meer, Sand und Seen, Marschland und Flüsse, Starres und Bewegliches einander ablösen; jedes Lebensgebiet hat seinen Strand. Wenn an der Südwestküste Norwegens oder auf den Hebriden sich Formen des mittleren und westlichen Europa in der Ilex-Region mit nordisch-alpinen Formen mischen, so sehen wir die Stranderscheinungen unmittelbar in die Sprache der Lebensverbreitung übersetzt.

Das größte Grenzgebiet dieser Art liegt zwischen Prärie und Steppe, wo das Gras auseinanderrückt, so daß seine Halme immer spärlicher zwischen Salbei- und Wermutsträuchern und Kakteen sprießen. Feuchte Vertiefungen bilden noch einmal eine Oase dichteren Graswuchses, während auf den trockenen Wölbungen des Bodens die Steppe früher erscheint; ist aber die Vertiefung rings abgeschlossen, dann zeigt sie schon den weißen Anflug ausgeblühten Salzes, die Ursache der extremsten Wüstenbildung. Der Ackerbau ohne künstliche Bewässerung hört in Nordamerika schon vor dieser Grenze auf, deren Kulturmerkmale magere Herden, Pferde und Schafe, auf den dürrsten, Rinder auf den besseren Weiden, trockene Wassergräben und verfallene Hütten sind, die halb in der Erde stehen. Die dünnen Weiden, als ob sie die Einzäunung nicht mehr lohnten, verlaufen sich in die grenzenlose Steppe. In einzelnen Niederungen haben Ansiedler die Zeltlager aufgeschlagen, die den Bretterhütten vorangehen; in den nördlichen Strichen stehen auch noch Indianerzelte, die man an dem schmutzigbraunen Zelttuch und den hoch hervorragenden, ungleichen Stangen erkennt. Die Cowboys treiben auf flinken Pferden die Herden zusammen, von deren vielbedrohtem Dasein die Knochen, die im Staube der Steppe die Steine vertreten, traurigen Bericht geben. Oft sind diesen noch Reste des jetzt fast verschwundenen Büffels beigemengt, und an manchen Stellen sind sie zu kleinen Bergen aufgehäuft, um in die Knochenmühlen gebracht zu werden. Die Eisenbahnen sind, abgesehen von der älteren Union Pacific, so einfach wie möglich gebaut; die Schwellen liegen frei auf der Steppe, und die Stationen sind oft nichts als Wasserreservoirs: das alles ist Grenze.

In die Grenzgebiete der Inseln bringen die weit wandernden, anpassungsfähigen Fremdlinge ebenfalls ein und schreiten so weit vor, als die Naturbedingungen es gestatten. So bilden auf den Inseln des Indischen Ozeans Palmen und Pandaneen einen breiten Saum von dichter Strandvegetation, hinter dem erst die eigentümlichen Pflanzenformen auftreten; er selbst ist von Insel zu Insel viel gleichartiger als die Vegetation des Inneren der Insel. Kleine Inseln, wie Round Island bei Mauritius und ähnliche, sind ganz davon bedeckt; auch auf Sokotra sind die mittleren und höchsten Teile des Inneren die Heimat der eingeborenen Flora. Das erinnert daran, wie die einwandernden Neger am frühesten auf den kleineren Inseln der Antillen den Boden ganz gewonnen haben, und noch mehr an die Küstensäume europäischer Kultur in allen außereuropäischen Kolonialgebieten, so gut in China wie in Ozeanien oder Westafrika und selbst in der Levante. In den Hochgebirgen sehen wir die Ebenenbewohner der Pflanzenwelt an den Abhängen der insularen Gipfel hinaufstreben, und nicht wenige davon mischen sich sogar der Flora der Firn- und Eisinseln der Alpen zu. In der nivalen Flora der Schweiz nennt Heer unter 150 Arten, die sie großenteils mit der arktischen Flora gemein hat, 28 Ebenenpflanzen, die auch in zwischenliegenden Tiefländern vorkommen.

Natürliche Grenzen.

Die Grenze einer Lebensform, die an eine natürliche Schranke sich anlehnt, nennt man natürliche Grenze. Logisch ist es zwar nicht zu rechtfertigen, daß ein natürliches Verbreitungsgebiet an Natürlichkeit gewinnen sollte durch seine Anlehnung an irgendwelche Gebirge, Flüsse, Meere; aber wenn die Grenze aus dem Stillstand einer Bewegung hervorgeht, kann ihre

Entwickelung durch ein Hindernis dieser Bewegung nur beschleunigt und ihr Bestand gesichert werden. In der politischen Geographie gewinnt die natürliche Grenze außerdem noch durch den Gegensatz zu den rein politischen Grenzlinien, die oft sehr willkürlich gezogen werden. Aber auch in der Biogeographie ist ein Unterschied zwischen einer breiten, unsicheren Grenze, die im einförmigen Flach- oder Wellenland verläuft, und der etwa durch die Lage auf einem Gebirge verschärften Grenzlinie von der Art jener, die zwischen dem feuchten Westabhang und dem trockenen Ostabhange der Anden, besonders im Süden durch Urwald und Steppe scharf gezogen ist.

Sicherlich verstärken Gebirgsschranken die Grenzen der Lebensgebiete. Die hoch aufgefalteten und zusammengedrängten Westalpen trennen schärfer die mittelmeerischen und mitteleuropäischen Lebensgebiete als die breiten Ostalpen, in deren weitgeöffneten Thälern sich zahlreiche südosteuropäische Lebewesen ausgebreitet haben. Während im algerischen Atlas die Regionen durch die schärfere Bodengliederung deutlich auseinandergehalten sind: mittelmeerische Flora der Küste und des nördlichen Gebirgsabhanges, dann Gebirge, dann Halfafluren, dann Gebirge, dann Wüstenflora, heben die Erniedrigung der Gebirge und die Querriegel des Gebirgsbaues diese Sonderung in Tunis auf, wo wir Wüstenformen die Ostküste entlang bis Kap Bon finden. Auf der Balkanhalbinsel ist das massige, verkarstete, lebensarme nordalbanische Gebirge eine natürliche Grenze zwischen der mittel- und südosteuropäischen Pflanzenwelt. Der hohe Gebirgszweig des Großen Kaukasus, der den Dychtau und Kaschantau trägt, grenzt die Verbreitungsgebiete der beiden Steinbockarten des Kaukasus voneinander ab.

Die Gebirge, die für manche Pflanzen und Tiere eine Verbreitungsgrenze bilden, werden von manchen auch überschritten. Die Fauna der Pyrenäen ist ungefähr dieselbe auf der spanischen wie auf der französischen Seite. Wenn in den Westgebirgen Amerikas nordische Formen, wie die Hirsche, sich durch die ganze Länge des Gebirges von Alaska bis Patagonien ziehen, so hat man sogar den Eindruck, daß die Gebirge gleichsam Brücken bilden, auf denen die Tiere die Unterschiede der darunter liegenden Länder überbrücken. Das Fehlen der Hirsche südlich vom Atlas könnte gerade durch den Mangel von Gebirgsketten in der Länge Afrikas zu erklären sein. Für die Verbreitung mancher Tiere muß man annehmen, daß früher solche Brücken in größerer Ausdehnung bestanden, aus denen durch geologische Änderungen Joche herausgenommen wurden. So müssen einst die Gebirge Indiens und Hinterindiens mit denen der Sunda-Inseln zusammengehangen haben, damit die Hirsche nach den Sunda-Inseln gelangen konnten, wo sie in der Isolierung zu Zwergformen wurden.

Die politische Geographie ist von der Ansicht zurückgekommen, daß Flüsse natürliche Grenzen seien; in Wirklichkeit sind sie als Wege wichtiger, und je verkehrsreichere Wege sie sind, desto weniger eignen sie sich zu Grenzen. Auch für die Wanderungen der Tiere und Pflanzen sind die Flüsse und Flußthäler im allgemeinen mehr Wege als Grenzen; aber die Biogeographie verfällt derselben Überschätzung der natürlichen Grenzen, der wir oft in der politischen Geographie begegnen, wenn sie in jeder Wasserscheide eine Grenze zwischen zwei mehr oder weniger verschiedenen Gebieten und in jedem größeren Stromgebiet ein faunistisches Gebiet erblickt. Es spielen in der Abgrenzung der Lebewesen die Flußgrenzen nur dort eine Rolle, wo sie zur Bekräftigung und Befestigung anderer Unterschiede dienen. Der Kassai, welcher die so charakteristischen Baluba nach Westen hin abgrenzt, trennt auch in zoologischer und botanischer Hinsicht verschiedenartige Gebiete. Er ist eines der bemerkenswertesten Beispiele einer ausgesprochenen Flußgrenze, aber doch nur, weil in sein Gebiet ohnehin der breite Grenzsaum zwischen west- und ostafrikanischem Leben fällt. Rhea americana und Rhea Darwinii, die beiden südamerikanischen Strauße,

teilen sich in das südliche Südamerika so, daß das Gebiet des Rio Negro eine Art neutrale Zone bildet; aber auch hier doch nur deshalb, weil dieser Fluß zugleich die klimatisch und dem Pflanzenwuchs nach so verschiedenen nördlichen Pampas- und südlichen Steppengebiete abgrenzt.

Die Grenze als Kampfplatz.

Wie die Völker in den Grenzstrichen, wo sie sich am engsten berühren, sich am härtesten bekämpfen, und wie die Staaten in ihren Grenzgebieten einander bedrängen, so sind auch in allen den hin und her wogenden Raumverschiebungen der Lebewesen die Grenzsäume die naturgegebenen Kampfplätze. Das zeigt sich im größten Maße an allen Stellen, wo das Leben an lebensfeindliche Mächte grenzt: am Rand der Ökumene, im Hochgebirge, an den Küsten. Jede Art und Rasse wohnt dünner an der Grenze ihres Verbreitungsgebietes, und in allen drei Lebensreichen wird damit der Halt des Lebens am Boden in den Grenzgebieten schwächer. Rasche Verminderung und frühes Aussterben ist das Schicksal von Pflanzen, Tieren und Völkern, die an den Grenzen der Ökumene wohnen.

Warum nun diese Schwäche an der Grenze der Verbreitungsgebiete? Vielleicht eignen sich die Verbreitungsgebiete der Völker am besten zur Klärung dieser Frage. Die Lappen, Samojeden, Jakuten, Tungusen und Tschuktschen, welche die Grenze der Ökumene in Eurasien einnehmen, haben sich weit verteilen müssen, um in diesen unwirtlichen Regionen ihr Leben fristen zu können, und sind gezwungen, ununterbrochen ihre Wohnplätze zu ändern, um dem raschen Schwanken der Lebensbedingungen nachzukommen. Es sind daher kleine, umherwandernde Völkchen, von vornherein schwach an Zahl und von schwachem Halt. Das rauhe Klima und die kümmerliche Vegetation ihrer Wohnsitze läßt Viehzucht nur in beschränktem Maße zu. Besonders darin liegt der Gegensatz zwischen ihnen und ihren mittelasiatischen Verwandten, daß ihnen der Rückhalt großer Herden fehlt; denn das Renntier liefert nur kümmerlichen Ersatz. Rechnet man nun hinzu, daß das Klima und der Mangel bei ihnen selbst Krankheiten hervorruft und ihre Lebensdauer verringert, so sind genug Angriffspunkte gegeben, welche die Stellung der Völker in diesen Grenzgebieten schwächen müssen.

Nicht ebenso ungünstig ist die Lage an den Grenzen, wo zwei Völker zusammenstoßen. Aber auch hier gibt es zweierlei Gründe der Schwäche. In ursprünglichen Verhältnissen legten solche Völker einen möglichst breiten Raum zwischen sich, den sie leer ließen, um sich nicht unmittelbar zu berühren. Andere Völker drängten sich in diesen Raum ein und bedrohten die nach dem leeren Raum hin dünner liegenden Wohnsitze beider. Als aber der Raum auf der Erde auch für die Völker so eng geworden war, daß sie sich zu drängen anfingen, schoben sich von beiden Seiten in den Grenzgebieten ihre Wohnsitze zusammen und durcheinander, und es entstanden die gemischten Grenzgebiete, die für viele Völker, die in ihnen wohnen, Gebiete der Schwäche sind. Leicht gehen einem Volke die peripherischen, von Fremden inselgleich umgebenen Wohngebiete, Exklaven ihrer geschlossenen Gebiete, verloren. Man erinnere sich an die deutsch-slawischen, deutsch-magyarischen, deutsch-italienischen Grenzgebiete.

Mit dem Aussterben einer Lebensform auf einer Insel oder in einer Gebirgsgruppe ist die Grenze nur verschoben, und derselbe Prozeß beginnt nun an Stellen, die dem Mittelpunkte des Verbreitungsgebietes näher liegen. Mit dem Eindringen der Franzosen in Kanada und Neuschottland und der Engländer in Virginien begann der Rückgang der nordamerikanischen Indianer am äußersten Ostrand ihres Verbreitungsgebietes und schritt langsam quer durch den ganzen Kontinent fort. In ähnlicher Weise schritt der Rückgang des Bisons, des Elentieres,

des kanadischen Hirsches (Elk) und anderer Tiere fort. Immer blieb die Grenze das Gebiet, wo die schwächsten Punkte lagen, wo also der Angriff am erfolgreichsten einsetzen konnte.

Nägeli beobachtete im Wallis, in Graubünden, Tirol, daß, wenn man über die Baumgrenze hinaufsteigt, man oft über den letzten lebenden Bäumen noch alte abgestorbene findet. Er war geneigt, der Thatsache allgemeine Gültigkeit zuzuschreiben. „50—100 m über der jetzigen Waldgrenze stehen einige tote Bäume, die ihre Äste verloren haben und mehr oder weniger durch Verwesung zu Grunde gegangen sind. Es macht den Eindruck, als ob die Baumgrenze herabgerückt sei, und dies könnte man durch ein Kälterwerden des Klimas erklären. Es gibt verschiedene Thatsachen, welche darauf hindeuten, daß seit der Eiszeit einmal ein etwas wärmeres Klima geherrscht hat als jetzt.“ Auch aus anderen Gebirgen sind ähnliche Beobachtungen mitgeteilt worden; so hat man z. B. den Mangel des Nachwuchses in den Wäldern der Pinus ponderosa in Arizona hervorgehoben. Auch Simony fiel die verhältnismäßig große Zahl teils im Absterben begriffener, teils vollständig toter Zirben an der Baumgrenze auf; aber gerade bei der Zirbe, meint er, müsse am wenigsten an eine allmähliche Depression durch Verschlechterung des Klimas gedacht werden. Ihr ungemein langsamer Wuchs, die spärlichen Möglichkeiten, welche die zur Erde fallenden Samenkörner zur Entwickelung finden, die Ausdauer der abgestorbenen und entrindeten Stämme gegen Sturm und Wetter: das seien die Gründe, die von der raschen Annahme einer so weit gehenden Deutung abhalten müssen. Meine eigenen Beobachtungen über Höhengrenzen in den Felsengebirgen Nordamerikas, den Alpen und Karpathen haben diese Ansicht nur bestätigt. Ich sage mir: wenn eine starke Kraft die Baumgrenze zurückdrängte, dann müßten auch die Grenzen jedes einzelnen Baumes Spuren des Rückganges erkennen lassen. Gerade davon vermag nun ein weiter Umblick nichts nachzuweisen. So verläuft die Ahorngrenze im Wallis mitten in der Zone der Fichten und Lärchen etwa um 1550 m, wobei man ungemein kräftige Individuen weit vordringen und einen starken Nachwuchs sich entwickeln sieht. Ebenso ist es da, wo der Fichtenwald sich gegen den Lärchengürtel bei 1750 m absondert. An der Seite der hier, wo sie die Alleinherrschaft gewinnen, doppelt schlank aufstrebenden Lärchen sind übrigens die Fichten keineswegs die Wetterbäume, als welche sie uns dort entgegentreten, wo sie die äußerste Vorpostenkette des Waldes bilden, sondern sie sind nur dünner, schlanker, und ihr leicht umgebogener Wipfel erzählt zwar von heftigen Winden, die thalauswärts gehen, nicht aber von den zersplitternden Stößen der Windsbräute, die weiter oben gegen einzelne Vorgeschobene wüten.

Die letzten Lärchen an der Baumgrenze der Walliser Alpen sind dagegen kräftige, wenn auch zerzauste Bäume, „Wetterlärchen“, wie man sie nach Analogie der Wetterfichten nennen könnte; aber die phantastisch gebogenen Aststummel, die unregelmäßig gestalteten Zweige und die tiefrissige Rinde bilden einen scharfen Gegensatz zu den doch immer weichen, rundlichen, buschigen Umrissen der grünen Teile. An den Osthängen des Val d'Hérens sieht man nur Wurzelausschlag der bei 2000—2035 m die Baumgrenze bildenden Lärchen oder ganz verkrüppelte Exemplare, die etwas weiter, etwa 30 m höher als an der Westseite vorgeschoben sind. An den Westabhängen begegnet man genau in derselben Höhe bei den höchst hinaufreichenden Bäumen mehr Nachwuchs, der zu Dutzenden um die letzten Vorposten zerstreut aufkommt.

Sieht man von den Flechten ab, die selbst mitten in den Firnwüsten des Inlandeises vorkommen, so sind es in allen Gebirgen der Erde dieselben oder nahverwandte Familien, denen die äußersten Vorposten der Pflanzenwelt angehören. Allen voran stehen die Kompositen oder Körbchenblütler, Glieder jener großen Familie, die auch in den Steppen die äußersten Grenzen erreicht, dagegen im Feuchtwarmen überall selten ist. Artemisien, die Hunderttausende von Quadratkilometern Steppenboden bedecken, stellen in der Artemisia Schlagintweitiana

eine der Kompositen, die im Küenlün an der Grenze des Pflanzenwuchses stehen; über 5000 m Meereshöhe geht die artenreiche Komposite Saussurea. Daneben findet man Schmetterlingsblütler, die ebenfalls in Steppen weitverbreitet sind, Ranunkulaceen, Kreuzblütler, kleine Fettpflanzen. Wahlenberg fand Ranunculus nivalis und glacialis am höchsten am Sulitelma, noch 160 m über der Firngrenze, sehr hoch auch einige Steinbreche und Silene acaulis. In den Alpen erscheint Androsace glacialis als letzte Blütenpflanze auf dem Gipfel des Schreckhorns, des Lauteraarhorns, des Hausstocks, des Piz Linard und wahrscheinlich des Col du Géant, wo sie schon De Saussure fand, während diese Stelle Ranunculus glacialis und Saxifraga oppositifolia am Piz Palu, Cherleria sedoides am Monte Rosa, Ranunculus glacialis am Matterhorn und am Finsteraarhorn, Silene acaulis an den oberen Grands Mulets und am Montblanc, Silene acaulis und Saxifraga oppositifolia an der Jungfrau erreichen.

Es ist ein großer Unterschied im landschaftlichen Eindruck, ob der Baumwuchs bis in seine letzten Möglichkeiten ausläuft oder nicht. Wo die Kalkalpen ihre Gipfel nur bis gegen 2000 m erheben, wie in der landschaftlich so hervorragend ausgestatteten äußeren Kalkalpenzone, reichen die Fichten noch bis in die Nähe der Gipfel heran, wo sie die unvergleichlichen „Wettertannen“ bilden, deren kräftige, tief braungrün gefärbte und zerzauste Formen zum Charaktervollsten gehören, was in unseren Zonen die Pflanzenwelt bietet. An niedrigeren Gipfeln kommt es gar nicht zu so kräftigen Entwickelungen, da sie der Wind der Höhen nicht zuläßt. Nach Dinglers Angabe trifft man am Wendelstein die letzten Fichten, 1,5—2 m hohe Stämmchen, mitten im Krummholz in 1745 m Höhe; einige verkrüppelte Sämlinge von 20—30 cm, wohl 12—14 Jahre alt, stehen sogar auf der obersten Schneide des Berges. Hochstämmige Bäume findet man herabsteigend erst von 1640 m an. Der obersten Tanne, ein verkrüppeltes Exemplar, begegnet man bei 1670 m, erst von 1610 m an abwärts treten einzelne höhere Tannenstämme auf. Kann der Baumwuchs sich an höheren Gipfeln emporheben, dann erhält die Lärche den Vortritt, deren viel schwächere, blassere Gestalten, immer dünner gesät, weiter auseinanderrückend, den letzten Akkord des Waldes viel tonärmer verklingen lassen. Die einzelnen Bäume werden nach oben zu kräftiger und bilden breitere Kronen, aber es bleiben eben doch die weichen Formen der Lärchen. Es ist aber dann weiter auch ein Unterschied, ob der Legföhrengürtel jenseits der Fichten zur Ausbildung kommt oder nicht. In den Walliser Alpen, wo er fehlt, setzt gleich über den Lärchen die graugrüne, steinbesäte Matte ein. Prschewalskij nennt im östlichen Tiënschan Larix sibiriaca und Picea Schrenkiana als die Bäume der Waldgrenze; da er von jener nur 12—15 m hohe Stämmchen aufführt, ist es wahrscheinlich, daß er die eigentlichen Vorposten nicht mitzählt.

Die Gebiete der Pflanzen- und Tierverbreitung.

(S. die beigeheftete Karte „Tiergeographische Regionen“.)

Es handelt sich für uns nicht um die Unterscheidung zahlreicher beschränkter Provinzen der Lebensverbreitung, deren Grenzen immer unsicher sein werden, sondern um die Angabe der allgemeinen Lage, Größe und Gestalt der Hauptgebiete, die geographisch fast selbstverständlich sind. Die größten, die auf dem Klima beruhen, haben wir als Zonen der Lebensverbreitung kennen gelernt. Ebenso haben wir gesehen, wie die Verteilung des Landes und des Wassers und der Gegensatz von Nord- und Süderdteilen (s. Bd. I, S. 301 und 354 u. f.) auch durch die Lebensverbreitung geht. So besteht denn unter den Pflanzen- und Tiergeographen darüber kaum noch ein Zweifel, wenn auch die darauf begründeten Gebiete, Arktogäa und Notogäa, für die praktische Biogeographie meist zu umfassend sind. Gehen wir etwas mehr ins einzelne, so sind Nord- und Südamerika auf der westlichen, Nord- und Mittelasien samt Europa, das tropische Asien, Afrika, endlich Australien auf der östlichen Halbkugel, seit Sclater sie für die Verbreitung der Vögel unterschieden hat, anerkannte Lebensgebiete, für welche die Bezeichnungen Nearktische, Neotropische, Paläarktische, Orientalische, Äthiopische, Australische

TIERGEOGRAPH. REGIONEN

nach Wallace.

Die Namen der Landregionen sind rot, die der Seeregionen schwarz eingetragen.

Paläarktische Reg.
- 1 *Europäische Subreg.*
- 2 *Mittelländische* „
- 3 *Sibirische* „
- 4 *Mandschurische* „

Orientalische Region
- 1 *Indische Subregion*
- 2 *Subreg. v. Ceylon u. Südind.*
- 3 *Indo-chinesische Subr.*
- 4 *Malaiische Subreg.*

Äthiopische Reg.
- 1 *Westafrik. Subreg.*
- 2 *Ostafrikan.* „
- 3 *Südafrikan.* „
- 4 *Madagassische* „

Australische Reg.
- 1 *Austro-malaii. Subr.*
- 2 *Australische* „
- 3 *Polynesische* „
- 4 *Neu Seeland* „

Neotropische Reg.
- 1 *Chilenische Subr.*
- 2 *Brasilian.* „
- 3 *Mexikan.* „
- 4 *Antillische* „

Nearktische R.
- 1 *Kaliforn. Subr.*
- 2 *Felsengebirgs* „
- 3 *Alleghanische* „
- 4 *Kanadische* „

Nord Polarregion

Nearktische Region

Paläarktische Region

Nordatlant. Region

West-Amerikanische Region

Aust. Indo-Pacifische Reg.

Atlant. Region

Äthiopische Region

Neotropische Region

Orientalische Region

Indo-Pacifische Region

Australische Region

Japan. Reg.

Austral. Region

Süd Polarregion

Nördlicher Polarkreis

Wendekr. d. Krebses

Äquator

Wendekreis des Steinbocks

Länge O v. Greenw.

Bibliographisches Institut in Leipzig.

Region üblich geworden sind. Für die Tierverbreitung genügen diese, die sogar von manchen noch vereinfacht werden, indem sie die nearktische mit der paläarktischen zu einer holarktischen Region verbinden, und ähnlich auch die drei Südregionen zusammenfassen. Umgekehrt macht die Darstellung der Pflanzenverbreitung die Aussonderung einer arktischen und mittelländischen Region, von alt- und neuweltlichen Steppen und Wüsten auf beiden Halbkugeln, endlich Südafrikas notwendig, wozu dann noch einige Inseln kommen, über deren Berechtigung, besondere Gebiete zu bilden, wir im Inselkapitel (Bd. I, S. 356) gesprochen haben. Man mag streiten, ob auch für die Tiere aus der borealen oder holarktischen eine arktische (s. oben, S. 603) auszuscheiden, ob jene in eine paläarktische und nearktische zu teilen sei, oder ob die mittelmeerische, andine und andere kleinere Regionen gleichwertig den anderen Hauptregionen seien; das bleiben immer untergeordnete Fragen, denn jene fünf oder sechs Provinzen sind jedenfalls natürlich, entsprechen großen geographischen Abschnitten, sind in der Land- und Wasserverteilung der Erde vorgezeichnet.

Allerdings wird man niemals diese Gebiete für alle Pflanzen und Tiere in gleicher Weise abgrenzen können. Die Grenzen verschiedener Lebensformen können niemals streng zusammenfallen, da ihre Verbreitungsmöglichkeiten ihnen allzu verschiedene Räume anweisen. Es wird daher immer ein vergebliches Bemühen sein, Grenzen einer Gruppe von Lebensformen auch für irgend welche anderen Gruppen festsetzen zu wollen. Ich erinnere an die vielbesprochene Grenzlinie zwischen der südasiatischen und australischen Region, die zwischen Bali und Lombok Säugetier- und Vogelgebiete teilen soll. Wallace sagte von ihr, sie trenne Bali und Lombok so, daß diese tiergeographisch verschiedener seien als England und Japan. Nachdem Martens schon 1876 darauf hingewiesen hatte, daß die Landschnecken von Sumbawa denen des östlichen Java gleichen, sind manche Bedenken, die früher kaum beachtet waren, viel schärfer formuliert worden. Ein einziges australisches Beuteltier, Phalanger orientalis, geht bis Timor, dagegen findet man auf den kleinen Sunda-Inseln und auf Timor von südasiatischen Säugetieren Affen, Spitzmäuse, Palmenbären (Paradoxus), Viverren, Stachelschweine, Hirsche, dazu die kosmopolitischen Mäuse und weitverbreiteten Fledermäuse. Nicht bloß südostasiatische, sondern auch holarktische Vögel wohnen auf den kleinen Sunda-Inseln und bis zu den Molukken; die Süßwassertiere dieser Inseln sind aber erst recht indomalayisch. Also, wie wir im vorigen Abschnitte gesehen haben, keine Grenzlinie, sondern ein breites Grenzgebiet. Die Erfahrung, die man auf dieser Grenze gemacht hat, wiederholte sich in vielen anderen Fällen, und je tiefer man in Einzelheiten eingedrungen ist, desto klarer hat sich herausgestellt, daß man nicht dieselben Gebiete für alle Tiere und Pflanzen aussondern kann.

Von den Pflanzen weiß man schon lange, daß dort, wo das Meer den nicht fliegenden Tieren Halt gebietet, die Pflanzen noch über breite Meeresteile hinübergreifen. Daher sind gerade in Inselgruppen, wie Antillen und Ozeanien, die Pflanzengebiete viel größer und unselbständiger als die Tiergebiete. Daß es sich aber dabei nicht bloß um Unterschiede der Wanderfähigkeit handelt, sondern in weit größerem Maße um die Nachwirkungen erdgeschichtlicher Ereignisse, welche die Geschichte des Lebens beeinflußten, haben wir zu zeigen versucht (vgl. Bd. I, S. 351, und Bd. II, S. 51 u. f.). In jedem Land der Erde wohnen Pflanzen, Tiere und Menschen von ganz verschiedenem Ursprung. Immer sind darunter einige oder viele, von deren Herkunft man nichts weiß, immer aber auch manche, die man bis in ein ganz bestimmtes Herkunftsland verfolgen kann. Nehmen wir als Beispiel Großbritannien und Irland, wohlbegrenzte und durch insulare Lage dem Anschein nach höchst selbständige Gebiete. Scharff unterscheidet in der irischen Fauna einmal Tiere von weiter Verbreitung, die entweder vom Menschen

eingeführt oder, weil klimatisch unempfindlich, sehr weit verbreitet sind, wie Strix flammea, Vanessa cardui, Agriolimax laevis; dann Tiere arktischen Ursprungs, die großenteils direkt von Norden eingewandert sind; drittens Tiere von südwestlichem Ursprung, die aus Südwesteuropa gekommen sind, in Großbritannien im allgemeinen fehlen oder nur die Südwestspitze und Wales bewohnen. Vielleicht kann man auch noch einige wenige Tierarten hinzufügen, die in jene große Gruppe gehören, welche zur Zeit der Ablagerung der „forest beds“, unmittelbar vor der Eiszeit, aus Sibirien nach Westen einwanderten, und die in England in großem Maße vertreten sind, in Irland nur noch in den fossilen Pferden und Renntieren und dem noch lebenden Hermelin. Versucht man es, die Gebiete dieser drei Gruppen zu umgrenzen, so erhält man weit über Großbritannien hinausgreifende Räume im Norden, im Osten, im Süden der Alten Welt; einige reichen sogar tief nach Nordamerika hinein. Dabei machen wir die Erfahrung, daß jede Pflanzen- und Tierart und jede Menschenrasse ein Gebiet von besonderer Lage und Gestalt, von ausmeßbarer Größe, mit mehr oder weniger scharfen Grenzen hat.

Tragen wir nun die Gebiete von einer größeren Zahl von Lebensformen auf dieselbe Karte ein, so finden wir, daß einzelne weit voneinander abweichen, während andere auffallende Ähnlichkeiten zeigen, oft selbst in Einzelheiten. So ist z. B. merkwürdig ähnlich Lage und Gestalt des Gebietes des Schneehasen und des Schneehuhns: die Pyrenäen sind für beide die südlichste Ecke, sie kommen in Schottland, Skandinavien, im nördlichsten Asien und Amerika, in der Arktis vor, bezeichnend, daß beide auch im äußersten Nordosten Deutschlands noch erhalten sind, endlich leben beide in den Alpen in dem Höhengürtel zwischen 1800 und 2600 m. In dieser Weise können Lageähnlichkeiten der Gebiete der allerverschiedensten Lebewesen nachgewiesen werden, und wir erhalten auf diesem Wege endlich eine ganze Reihe von Gebieten von Pflanzen, Tieren und Völkern, die sich bis zu einem gewissen Grade decken. In ihrer Übereinstimmung oder Ähnlichkeit liegt der Beweis, daß sie eine ähnliche Entwickelung hinter sich haben. Für die Glazialtiere und -pflanzen bewahrheitet sich dabei W. Marshalls schönes Bild von der „lebenden Moräne“ der Bewohner des hohen Nordens und der Hochgebirge, die während der Eiszeiten sich äquator- und thalwärts wälzte; daher stammt eben die große Reihe von Ähnlichkeiten in der Lebewelt, die man gerade wegen der Gemeinsamkeit dieses Abschnittes ihrer Geschichte mit doppeltem Recht „holarktisch“ nennen mag. So erhält man also **Hauptgebiete der Lebensverbreitung**, die immer eine große geschichtliche Vergangenheit haben. Kleinere Gebiete, die man Provinzen nennen kann, lassen sich in den Grenzen der großen unterscheiden, und bei manchen Tier- und Pflanzenarten steigen wir endlich bis zu einzelnen Bergen, Thälern, Flüssen und dergleichen herab, die besondere Wohngebiete, wenn auch nur einer Abart, sind.

Zwischen diesen erdgeschichtlichen und den klimatischen Lebensgebieten ist nun der große Unterschied, daß die klimatische Ursache unmittelbar gegenwärtig ist und wirkt oder doch, wie bei den Waldgebieten, nur ein paar Jahrzehnte zur vollen Wirkung braucht. Die erdgeschichtliche Ursache dagegen liegt immer in einer fernen Vergangenheit; sie mag in manchen Fällen wohl Hunderte von Millionen Jahren zurückdatieren. Daher ist die klimatische Grenze in der Regel schärfer als die erdgeschichtliche. Ein Regengebiet und ein Trockengebiet kann man sich durch eine schematische Linie getrennt denken, so wie etwa durch den 18. Grad nördl. Breite die Wüstenflora von der Sudânflora, oder durch den 65. Grad westl. Länge die Pampas von den Steppen des gemäßigten Südamerika getrennt werden; in beiden Fällen trennt man zugleich Pflanzen- und Tiergebiete. Derartiges gibt es nicht für erdgeschichtliche Gebiete. Selbst Australien hat, wie wir eben sahen, sein breites Übergangsgebiet zum indischen Lebensgebiet in dem

östlichen Australasien und hat sogar Ausläufer bis Amerika. Erdgeschichtliche Grenzen beruhen hauptsächlich darauf, daß Schranken der Verbreitung den Austausch eines Gebietes mit anderen hemmten, was niemals so absolut geschehen kann, wie durch Wärme- oder Feuchtigkeitsunterschiede. Alle Verbreitungsschranken, die es auf der Erde geben kann, sind veränderlich und vergänglich. Und ließe nicht jene seltsame Gewöhnung, die wir S. 576 kennen gelernt haben, die Lebewesen auch dann noch an ihren Wohnplätzen festhalten, wenn die Schranken längst gefallen sind, so würden die erdgeschichtlichen Lebensgebiete noch weniger scharf begrenzt sein. In den Klimagebieten, die alle zonenförmig liegen, wachsen die Ähnlichkeiten und Übereinstimmungen der Tierwelt und Pflanzenwelt vom Äquator zu den Polen an, wo fast vollständige Identität z. B. im nordischen Tundragürtel und darüber hinaus herrscht.

---

2. Anthropogeographie.

A. Die Menschheit.

Inhalt: Die Menschheit. — Die Verbreitung der körperlichen Völkermerkmale. — Abstammung und Mischung. — Das Aufeinandertreffen der Rassen.

Die Menschheit.

Die 1500 bis 1600 Millionen Menschen, die auf der Erde wohnen, sind im Sinne des Naturforschers Glieder derselben Art. Menschen der verschiedensten Rassen paaren sich fruchtbar miteinander, alle Menschen haben die Gaben der Vernunft, der Sprache, der Religion, und allen sind einige der wichtigsten Kulturwerkzeuge: das Feuer, die Kleider, die Hütten, die Schiffe, die einfachsten Waffen und Geräte zu Jagd und Fischfang eigen; viele davon sind auch in irgend einem Maße Ackerbauer oder Viehzüchter. So unterlagert also die großen Unterschiede der Kulturhöhe, die wir heute sehen, ein Gemeinbesitz an Kulturerrungenschaften wie ein gemeinsames Fundament. Indem wir denselben, besonders das Feuer und die Steingeräte, bei vorgeschichtlichen Völkern bis in die Diluvialzeit verfolgen, gewinnen wir die Vorstellung von ungeheuern Zeiträumen, in denen die Ausgleichung des elementaren Kulturbesitzes auf dem Wege unzähliger Völkerausbreitungen und -verschiebungen, in Kampf und Tausch vor sich gegangen sein muß. Eine Einheit des Menschengeschlechtes überlagert also die Verschiedenheiten der Länder und Meere, der Höhen und Tiefen. Wenn ohnehin für das bewegliche Leben, wie wir gesehen haben (s. oben, S. 551), die geographischen Sonderungen keine tiefgehenden sind, so werden sie durch die Einheit des Menschengeschlechtes noch mehr abgeglichen und abgeschliffen. Die Weltinsel Amerika wäre kulturlich und politisch selbständiger gewesen, wenn ihre Bewohner nicht derselben Rasse angehörten wie die Nord- und Ostasiaten. Die Welt hätte überhaupt eine größere Mannigfaltigkeit von kulturlichen und politischen Entwickelungen entfaltet, wenn die Völker verschiedener gewesen wären. So aber tritt uns schon am Beginn der geschriebenen Geschichte eine Menschheit mit den Merkmalen der Abgleichung, Beziehung, Verbindung entgegen, und in der Richtung dieser Eigenschaften hat sie sich immer weiter entwickelt.

Dennoch standen schon in dem engen Gesichtskreis der alten Ägypter und der Juden drei Menschenrassen, die aus der mosaischen Völkertafel in das Bewußtsein der ganzen christlichen und mohammedanischen Welt übergegangen sind: die Söhne Sems, Japhets und Hams, die weißen, hellbraunen und dunkelbraunen Völker ägyptischer Wandmalereien (s. die beigeheftete

farbige Tafel „Rassendarstellung auf einem altägyptischen Wandgemälde"). Die Wissenschaft hat seitdem diesen Begriff Menschenrassen tüchtig verarbeitet, er ist aber durchaus nicht klarer geworden. Es ist deswegen rätlich, ihn zunächst einmal in seiner einfachsten Form anzuwenden und nur solche Rassen zu unterscheiden, in denen eigentliche Abarten des Menschengeschlechtes stecken, die man immer und überall unterscheiden und mit deutlichen Merkmalen bezeichnen kann. Um dazu zu gelangen, müssen wir aufhören, das Wort Rasse in weiterem Sinne zu gebrauchen. Was Kant als „Familien- oder Volksschlag" bezeichnet, d. h. erbliche Varietäten von geringem Betrag, soll nicht mit in die Rasse aufgenommen werden. Auf der anderen Seite dürfen wir auch nicht die Rassen für mehr nehmen, als sie sind. Sie sind keine Arten im Sinne der Naturforscher, sind nur Abarten, zwischen denen, da sie sich mischen können, eine scharfe Grenze nirgends zu ziehen ist. Wir können nur wiederholen, was Blumenbach 1825 in seinem „Handbuch der Naturgeschichte" gesagt hat: „Jede Menschenvarietät fließt mit ihren benachbarten Völkern gleichsam zusammen." Blumenbach dachte dabei an unmittelbare Wirkungen des Klimas, denen er es z. B. zuschrieb, daß gegen Australien hin die Negerrasse in die malayische übergehe. Die Erfahrung jedes Landes und jedes Tages lehrt jedoch, daß die Blutmischung von viel größerer, vor allem rascherer Wirkung ist als langsam vordringende Einflüsse des Bodens oder Klimas. Es ist wesentlich, dieses Ineinanderfließen bei allen Rassenunterscheidungen im Auge zu behalten und die Warnung Waitzens zu beherzigen: „Man sollte sich hüten, feste Rassenunterschiede als unüberschreitbare Grenzen zu betrachten, die in der That nur dadurch entstehen, daß man die extremen Fälle als typische ansieht." Wenn wir eine praktisch brauchbare Rassenunterscheidung haben wollen, dürfen wir also gar nicht in der Tiefe danach suchen, sondern müssen bei den sichtbarsten, greifbarsten äußeren Merkmalen stehen bleiben. Und nicht ein einzelnes von ihnen, sondern ihre Gesamtheit bestimmt uns dann die Rasse. So weit wir dunkle Hautfarbe, krauses Haar, vorspringende Lippen beisammen finden, reicht für uns die Negerrasse. Die gelbe Hautfarbe, das straffe grobe Haar, die breiten Backenknochen und schrägen Augen bezeichnen uns überall den Mongolen. Die weiße Farbe, das feinere, wellige oder lockige Haar, die edlere Bildung des Gesichtes lassen uns überall die weiße Rasse erkennen.

Alles in allem sind es also doch nur äußerliche Eigenschaften, mit denen wir es zu thun haben. Wohl muß man zugeben, es seien „das Skelett des Menschen und besonders der Schädel als Ausdruck des Gehirns diejenigen Bestandteile des Körpers, welche am konstantesten den Typus der Rasse festhalten, während Größe, Hautfarbe, Haar, Sitte, Sprache viel leichter Veränderungen infolge von Klima, Lebensweise, Nahrung, Wohnort, Gewohnheiten und Gebräuchen unterliegen" (Spengel); aber es ist doch noch weit von hier bis zu dem Schlusse, daß darum allein die auf anatomisch-kraniometrischem Wege erlangten Resultate positive Grundlagen für eine richtige Systematik der Menschheit abgeben. Denn überall, wo man die Anatomie der Glieder einer großen Rasse eingehend studiert hat, da ist die Einheit nicht festzuhalten gewesen. Zwar gibt es große Unterschiede vor allem im Schädel, der als Hülle des Gehirnes besonders wichtig ist. Die Neger haben im allgemeinen schmale Schädel; die Breite verhält sich zur Länge wie 71 bis 73 zu 100. Man nennt dieses Verhältnis Dolichokephalie. Die mongolische Rasse umschließt viele Kurzköpfe, Brachykephalen, bei denen sich Breite zu Länge wie 85 zu 100 verhält. Wenn dasselbe Verhältnis, das man auch Index nennt, sich etwa zwischen 75 und 79 bewegt, spricht man von Mesokephalie. Auch die Gesichtsteile zeigen auffallende Unterschiede, von denen Prognathie und Orthognathie, vorspringende Kiefer für niedere und fast gerade stehende Kiefer für höhere Rassen, bezeichnend sind. Mit breitem Schädel geht sehr oft ein

RASSENDARSTELLUNG AUF EINEM ALTÄGYPTISCHEN WANDGEMÄLDE.

Darbringung von Tribut an den König. Nach *Lepsius*.

durch seitlich vorspringende Backenknochen breites Gesicht, mit langem Schädel schmales Gesicht zusammen.

Es gibt auch Unterschiede des Haares, der Augen und der Körperfarbe, die durch große Völkergruppen gehen. Die Schlitzaugen der mongolischen Rasse, oft auch bei anderen dunkelfarbigen Völkern auftretend, das straffe, starke, schwarze Haar derselben Rasse, das wollartig gekräuselte schwarze der Neger, das lockige, blonde und braune der Weißen bestimmen weitverbreitete Völkerphysiognomien. Noch wirksamer sind aber in dieser Beziehung die Farbenabstufungen der Haut zwischen Lichtbraun und Gelblichbraun, das wir weiß oder, wegen des durchschimmernden Blutes, rötlich nennen, und dem Tiefbraun mit bläulichem Glanz, das wir schwarz nennen. Als Weiße, Gelbe, Braune, Kupferrote oder Ockerbraune, Schwarze hat man früh Europäer, Mongolen, Malayopolynesier, Indianer und Neger unterschieden.

Auch die Körpergröße ist völkerweise verschieden. Im allgemeinen schwankt die mittlere Körpergröße zwischen 175 und 140 cm; das weibliche Geschlecht ist im allgemeinen kleiner als das männliche. Aber es gibt in jeder Rasse große und kleine Menschen. Die Kaffern Südostafrikas, die Obernilvölker, die Patagonier, gewisse Stämme Nordamerikas, einzelne Gruppen der Anglokelten, besonders Schotten und Bewohner des alten Westens der Vereinigten Staaten von Amerika, der Deutschen, besonders Nordwestdeutsche und Franken, der Nordslawen, der Buren Südafrikas sind durch Größe ausgezeichnet. Dagegen gibt es Völkergruppen, die auffallend klein sind, wie die Buschmänner Süd- und die Jägervölker Innerafrikas, die oft noch unter 140 cm bleiben. Der kleine Wuchs der Lappländer (152 cm) und Samojeden (bis herab zu 142 cm) möchte andeuten, daß auch ungünstige Lebensbedingungen mit im Spiel sind. Entsprechend der Größe ist natürlich auch das Gewicht des Körpers Veränderungen unterworfen. Einem Durchschnittsgewicht des Mannes der hellen Rasse Mittel- und Nordeuropas von 60—65 kg steht das des Japaners mit 50—55 kg gegenüber; das bedeutet natürlich auch einen Unterschied der körperlichen Leistung und des Nahrungsbedürfnisses. Die Geringfügigkeit der Nahrungsaufnahme ostasiatischer Arbeiter ist eine große Thatsache der Wirtschaftsgeographie; sie würde ihnen im Wettbewerb mit Europäern einen noch größeren Vorteil bieten, wenn sie nicht in Arbeiten, die Kraft erfordern, hinter den Europäern zurückständen. Die Arbeitsfähigkeit der Neger im tropischen Klima ist die Ursache ihrer Ausbreitung über alle Tropenländer, in die man sie als Arbeiter verpflanzt hat. In die Wettbewerbung mit den Weißen bringt der Neger einen Körper von großer Widerstandsfähigkeit, der zu harten Arbeiten geschickt ist und im Kampfe mit verwüstenden Krankheiten, wie dem gelben Fieber, besser besteht. Wahnsinn befällt Farbige nicht so häufig wie Weiße, auch leiden die Farbigen weniger durch Trunksucht; Delirium tremens tritt bei ihnen selten auf.

Ein Barimädchen vom Weißen Nil. Nach „The Living Races of Mankind“; Hutchinson u. Co., London. Vgl. Text, S. 621.

Wir haben die Akklimatisationsfähigkeit als eine der folgenreichsten Völkereigenschaften kennen gelernt. Sie bedeutet nicht bloß die Fähigkeit zu leben, zu schaffen und zu herrschen, sondern sich fortzupflanzen, auszubreiten, neue Völker zu bilden, unter Verhältnissen, die von

den gewohnten heimischen ganz verschieden sind. Diese Fähigkeit ist allen Europäern in den Tropen versagt, aber am meisten den Nordeuropäern und Nordamerikanern. Dagegen scheinen die Nordasiaten bis nach Südchina hin gedeihen zu können, und die Chinesen, die in besonders großer Zahl aus Süd- und Mittelchina auswandern, haben echte Tochtervölker von den Philippinen an bis zu den Inseln Australasiens gebildet, die der Äquator schneidet.

Die verschiedenen Merkmale, auf die man heute die Rassenunterscheidungen stützt, gehen durchaus nicht immer miteinander. Der Langschädel der alten Germanen trägt nicht immer, wo er heute in Deutschland vorkommt, das blonde Haar und die blauen Augen des typischen Germanen. Unter 50 echten Dolichokephalen, die Ammon unter 6700 badischen Rekruten maß, zeigten nur 9 den reinen Germanentypus: großgewachsen, blond, helläugig; 13 waren braunhäutig, 3 kleingewachsen, ja es war sogar ein kleiner, braunhäutiger, schwarzhaariger Langkopf darunter. So gibt es in Amerika kurz-, mittel- und langschädelige Indianer, und ebenso sind unter den Malayopolynesieren alle Abstufungen der Schädelgestalt neben dunkelbrauner und weizengelber Haut, straffem und lockigem Haar vertreten, wie denn im ganzen Wohngebiet der Malayen stellenweise negroide Züge, besonders als dunklere Hautfarbe und krauses Haar, auftauchen. Es ist also keine einzige Rasse eine ganz geschlossene, natürliche Gruppe. Auch darin sind Rassen und Völker nicht mit den Arten der Pflanzen und Tiere zu vergleichen. So wenig wie an einem Baum zwei ganz gleiche Blätter, gibt es auf der Erde zwei ganz gleiche Völker, auch wenn sie zur selben Rasse gehören.

Die Verbreitung der körperlichen Völkermerkmale.

Beim Überblick über die natürlichen oder Rassenverschiedenheiten der Völker sehen wir nicht ein Bild scharfer Nebeneinanderstellung der Rassen, etwa ein Mosaikbild von harter Buntheit der Farbentöne vor uns. Wohl finden wir auf der Erde einige kleine Gebiete, wo die Rassenmerkmale ein Maximum erreichen; dazwischen liegen aber überwiegende Gebiete der Vermittelung und Ausgleichung. Das ganze Bild hat etwas Verwischtes und Abgetöntes. Daher kommt auch die Erfahrung, die uns alle Versuche der Rassenunterscheidung an die Hand geben, daß es zwar immer nicht sehr schwer war, die wichtigsten Gruppen der Menschheit zu unterscheiden, daß es aber unmöglich ist, ihnen scharfe Grenzen zu ziehen. Es ist im Grunde dieselbe Schwierigkeit wie bei der Unterscheidung variabler Pflanzen- und Tierarten: in beiden Fällen haben wir es mit Dingen in Bewegung zu thun. Und was nun die Völker anbetrifft, so lehrt uns die Geschichte, daß die Grenzen der Rassen sich immer mehr verwischen. Die Rassenunterschiede haben sich herausgebildet und vervielfältigt in einer Zeit, wo Absonderung leichter als heute, wo sie die Losung des Völkerlebens war. Sie gehen dem Verfall entgegen durch alles, was die Völker einander nähert und ineinander verschiebt; in einer Zeit, die im Zeichen des Verkehrs steht, müssen ihre Grenzen vollends immer undeutlicher werden. Die Hauptrassen hatten noch in geschichtlicher Zeit geschlossenere, einheitlichere Gebiete. Es sind vor allem infolge des überseeischen Verkehrs Kolonien der Europäer in allen übrigen Erdteilen, der Afrikaneger und Ostasiaten in Amerika entstanden. Frühere Vorgänge der Art waren die Zerstreuung der Juden und die Auswanderung von Malayen aus Sumatra nach Madagaskar gewesen.

Ist es also schwer, die Grenzen der Menschenrassen zu ziehen, so bleibt doch ihre Lage zu bestimmen. Und nur in der Lage der Menschenrassen finden wir eine Andeutung natürlicher Gruppen, die zwar auch verwischt, aber doch in den Grundzügen immer noch wohl erkennbar sind. Gerade darum gehört auch die Stelle der Erde, die eine Rasse einnimmt, zu den

Merkmalen, die man bei ihrer Beschreibung beachten muß. Der Gegensatz zwischen Nord und Süd unserer Erde, den wir von den Nord- und Süderdteilen (vgl. Bd. I, S. 271, 355) bis zu den Beuteltieren und Araukarien verfolgten, geht auch durch die Menschheit: die Menschenrassen, die in ihren Extremen am weitesten auseinanderliegen, wohnen im Norden und im Süden der Erde. Es sind die **Neger** Afrikas, Australiens und Australasiens und die **hellfarbigen Völker** Europas. Die Neger (s. die Abbildung, S. 619) überschreiten wohl den Äquator, aber in ihren typischen Ausbildungen nicht den nördlichen Wendekreis, reichen dagegen in Afrika und Australien (s. die untenstehende Abbildung) bis in die Südspitzen hinein. Auf der anderen Seite wohnten die Weißen Europas ursprünglich nur in den Ländern um die Nord- und Ostsee

Ein Australier aus Queensland. Nach Photographie von C. Günther, Berlin.

und von da an vielleicht in Osteuropa bis zum Pontus, reichten also nicht über die Grenze der nördlichen gemäßigten Zone nach Süden. Sehr weit haben diese beiden extremen Rassen sich dann ausgebreitet, besonders in der Neuen Welt, aber die Neger sind im allgemeinen Kinder der warmen Zone geblieben, und die Weißen gedeihen nur in den gemäßigten Erdstrichen.

Eine dritte Gruppe weniger scharf unterschiedener, aber doch immer noch in ihrer Besonderheit wohl erkennbarer Völker bilden die **gelb- bis braunhäutigen, schwarz- und straffhaarigen Völker** Nord- und Mittelasiens, Südostasiens und großer Teile Australasiens und Ozeaniens sowie der Arktis und der ganzen Neuen Welt. Die älteren Klassifikationen teilten sie der gelben oder mongolischen und zum Teil der braunen oder malayischen Rasse zu. Im allgemeinen fällt die ganze Gruppe zusammen mit der, welche zuerst Cuvier als mongoloid bezeichnet hat. So teilen sich also die hellfarbige edelgebildete Rasse und die mongoloide in den Norden der bewohnten Welt, und während diese außerdem den Osten der bewohnten Welt um den Stillen Ozean besitzt, teilt sich jene im Westen in die atlantischen Gestade mit der negroiden,

die außerdem den Süden bewohnt. Eine eigentümliche Abart der mongolischen Rasse bilden die Aino (s. die obere Abbildung) von Yesso und Sachalin, von denen Reste in Nordhondo japanisiert leben: starkes Bart- und Körperhaar und längerer Schädel nähern dieses Volk des äußersten pacifischen Asiens den Nordeuropäern.

Bogenschießender Aino. Japanische Zeichnung; nach dem „Internationalen Archiv für Ethnographie".

Die geographische Verbreitung der Menschenrassen über die Erde zeigt in einer Reihe von Übereinstimmungen mit den Gebieten der Tier- und Pflanzenverbreitung die Wirkung von Einflüssen, der alle Lebensverbreitung unterliegt. Zunächst ist den Menschen als Landbewohnern ein Raum zugewiesen, den die Ausbreitung des Meeres bestimmt; nur wo die Alte und Neue Welt in der Beringstraße sich auf 120 km nähern, hängen alt- und neuweltliche Wohngebiete zusammen. Amerikanische Hyperboreer (Eskimo) greifen hier nach Asien hinüber, und die Ähnlichkeit der Nordwestamerikaner mit Nordostasiaten ist auffallend. Die Indianer und Eskimo haben von den Inseln des Nördlichen Eismeeres bis nach Feuerland die Elemente derselben Rasse wie die Nord- und Ostasiaten und die Malayopolynesier. Wir haben also auch in der Völkerverbreitung ein zirkumarktisches Gebiet, das allerdings noch ganz anders nach Südamerika übergreift als in der Pflanzen- und Tierverbreitung. Außerdem legt sich noch die pacifische Inselbevölkerungrassenverwandt zwischen die Alte und Neue Welt. Der Stille Ozean ist also kein Sonderungsgebiet der beiden. Im Gegensatz dazu steht ihre Trennung im atlantischen Gebiet, wo noch in geschichtlicher Zeit alle küstenfernen Inseln unbewohnt waren.

Mann und Frau der Giljaken. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 623.

Wollen wir nun die Rassen, Unterrassen und Mischrassen in einer übersichtlichen Aufzählung zusammenordnen, so gewinnen wir etwa folgende Reihe:

I. Hellfarbige, edelgebildete Völker nordwesthemisphärischen Ursprunges, über die gemäßigten Zonen beider Erdteile verbreitet.[1]

1) Blond- und braunhaarige, hellhäutige (weiße) Völker Nord- und Mitteleuropas mit ihren Tochtervölkern in Nordamerika, Nordasien, Südafrika und Australien. 2) Dunkelhaarige, bronzehäutige Völker Südeuropas, Nordafrikas, Westasiens, Indiens mit ihren Tochtervölkern in Süd- und Mittelamerika, Ostafrika und im Sudân.

II. Gelb- bis braunfarbige Völker von mongoloider Bildung, nordosthemisphärischen Ursprunges, über kalte, gemäßigte und warme Länder beider Halbkugeln verbreitet.

3) Finnisch-japanische Völker am Saume der Wohngebiete der Blonden und der Mongolen. 4) Gelbe, schlitzäugige, straffhaarige Mongolen in Inner-, Nord- und Ostasien, in der Arktis und Nordwestamerika. 5) Gelbe bis rötlichbraune, straffhaarige Indianer Amerikas. 6) Hell- bis dunkelbraune, zum Teil lockenhaarige Südostasiaten und Malayopolynesier.

III. Dunkelhäutige, kraushaarige Neger südhemisphärischen Ursprunges, über warme und warme gemäßigte Länder beider Halbkugeln verbreitet.

7) Neger Inner- und Südafrikas, mit einer hellen, kleingewachsenen Abart im Süden, Südwesten und im äquatorialen Inneren. 8) Neger Australasiens (Melanesier, Tasmanier). 9) Australier.

Die Zahl der Angehörigen dieser Gruppen ist sehr verschieden. Unzweifelhaft überwiegt heute die hellfarbige edelgebildete Rasse, die mehr als die Hälfte der Menschheit umfaßt; auf die Mongoloiden entfallen nicht ganz 600 Millionen; in den kleinen Rest teilen sich die dunkelfarbigen so, daß die Bewohner Afrikas etwa 150 Millionen ausmachen, die Neger Australasiens und die Australier nur noch 3 Millionen.

Abstammung und Mischung.

Die drei Hauptrassen sind wie Flüsse, deren Quellen in grauen Weiten liegen, und die im Fließen von den verschiedensten Seiten her Zuflüsse aufnehmen, wodurch sie unmerklich ihre Wassermenge und -art umgestalten. Was die Rasse zusammenbindet, das ist wohl die greifbare Übereinstimmung körperlicher Merkmale, die Zeugnis ablegt für die Blutsverwandtschaft der Rassenangehörigen. Nur von einem Urahn mit dunkelbrauner Haut und krausem Haare können die Neger ihre Körpermerkmale empfangen haben, die Weißen die ihren nur von einem Urahn mit heller Haut und lockigem Haare. Und so sind alle Rassen große Familien, zusammengehalten durch Familienzüge. Aber immer nur bis zu einem Punkt ist die Rasse zu verfolgen. Was dahinter liegt, wissen wir nicht, doch wird es nicht die reine Abstammung sein, die in den Entwickelungsbedingungen der Völker gar nicht gegeben sein kann. Der Neger z. B., der schon in seiner afrikanischen Heimat einer sehr gemischten Rasse angehört, ist in Amerika den Einflüssen einer neuen Umwelt und denen der Weißen und der Indianer ausgesetzt, hat sich erheblich verändert und wird sich weiter verändern, bis das Gefühl der Blutsverwandtschaft ganz erloschen sein wird, wie ja gerade Völker der gleichen Rasse sich oft und dauernd bekämpft haben.

[1] Es empfiehlt sich nicht, Rassennamen aus beschränkten Örtlichkeiten zu schöpfen. Der Blumenbachsche Name Kaukasier, der in jedem Sinn unglücklich gewählt ist, führt zwar immer noch ein halbes Leben, aber nur weil man ihn nicht zu ersetzen wußte. Auch der Name „mittelmeerische Rasse" ist geographisch verwerflich, denn das Mittelmeer liegt in einer Ecke des in Wirklichkeit europäisch-westasiatischen Verbreitungsgebietes dieser Rasse, welche treffender danach genannt würde, wenn es nicht angesichts ihrer wachsenden Verbreitung ursprünglich auf der östlichen und dann auf beiden Seiten des Atlantischen Ozeans bereits passender erschiene, sie als Nordatlantiker zu bezeichnen.

Aber wenn eine Rasse sich einer anderen gegenüber befindet, erwacht dieses Familiengefühl sogleich und äußert sich in einer ganz naturgemäßen Ablehnung. Dem Neger ist der Weiße ein absolut Fremder, dem Weißen ist der Neger ein tiefer stehendes Glied der Menschheit, mit dem er keine Gemeinschaft haben will. Die Feinheit der Beobachtung, die in diesem Fall aufgewendet wird, um die Grenze einer Rasse nach unten zu ziehen, streift ans Lächerliche. Eine leichte gelbe Schattierung im Weiß des Auges, eine kaum merkliche rotbraune Färbung des Halbmondes an der Basis der Fingernägel, die bei uns hellrosa ist, genügt zum Nachweis der entferntesten Zumischung von Negerblut. Viele wollen den Rassenunterschied riechen. Aber man täusche sich nicht: es gibt eine Grenze für den Nachweis der Rassenunterschiede. Wie es

Ein Häuptling der Bakairi. Nach Photographie von P. Ehrenreich. Vgl. Text, S. 623.

dunkelbraune Menschen gibt, welche die regelmäßigen Züge der Weißen haben, so gibt es Weiße, welche die Züge und das Haar der Neger haben. Und in jeder der drei Rassen, die wir mit Cuvier, oder der fünf, die wir mit Blumenbach unterscheiden, gibt es Völker, die so weit abweichen, daß wir über ihre Rassenzugehörigkeit im Zweifel sind. Wir sehen bei den Hindu im Körper und Geist Eigenschaften, die uns verwandt vorkommen, aber andere muten uns fremd an; und thatsächlich stehen ihnen die Engländer in Indien wie einer fremden Rasse gegenüber, obwohl sie eine Sprache desselben uralten, großen Sprachstammes sprechen, wie wir. Sie haben offenbar eine andere Mischung erfahren, auf deren Herkunft ihre Nähe bei den Wohnsitzen der negroiden Rasse hindeutet. Wie könnte es auch anders sein? Eine vollständige Ausrottung eines Volkes gibt es nicht, kein Volk verschwindet spurlos; wenn sein Name und seine Werke untergegangen sind, wallt sein Blut in den Adern seiner Feinde fort. Es gibt keine Tasmanier mehr, aber es gibt in Tasmanien und auf den kleinen Nachbarinseln Mischlinge aus dem Verkehre weißer Männer mit tasmanischen Weibern. Auf den Kanarischen Inseln sind

die Guanchen, der berberische Stamm, ausgestorben, aber sie leben in der „spanischen“ Bevölkerung dieser Inseln fort, in der sie aufgegangen sind.

Viele Politiker und Historiker sind geneigt, die Europäer als eine geschlossene Gruppe in der Menschheit zusammenzufassen, als europäische oder weiße Rasse sie besonders überall dort auftreten zu lassen, wo es sich um die Beziehungen Europas zu den anderen Teilen der Erde handelt. Da wird nicht bloß der Unterschied zwischen Europäern und Außereuropäern betont, sondern die Einheitlichkeit der Rasse als eine der auszeichnenden Eigenschaften unseres Erdteiles verkündet. Man muß aber davor warnen, sich so leicht in den Traum einer europäischen Völkergemeinsamkeit einzuwiegen, die angeblich auf Rassengleichheit beruht. Sie ist nicht für die körperlichen und noch weniger für die geistigen Eigenschaften der Europäer nachzuweisen. Wer sieht nicht den Unterschied zwischen den Europäern, die das Mittelmeer, und denen, welche die Nord- und Ostsee umwohnen, und zwischen denen am Fuße des Ural (s. die nebenstehende Abbildung) und des Kaukasus und denen am Atlantischen Ozean? Der Ausdruck „weiße Rasse“ kann darüber nicht täuschen, daß wir noch ganz beträchtliche Reste von Rassenunterschieden auch in Europa haben. Je weiter wir in Rußland, Deutschland, Frankreich nach Süden gehen, desto mehr dunkle Elemente treten uns entgegen: Ausläufer und Abkömmlinge einer Rasse, die Sergi die mittelländische genannt hat. Je weiter wir dagegen nach Norden gehen, desto klarer hebt sich eine blonde, hellhäutige, helläugige, höher gewachsene Rasse hervor: die nordische. Germanen, Nordslawen, zum Teil auch finnische Völker gehören zu ihr, die wahrscheinlich einst durch Wanderungen weiter verbreitet war. Nicht bloß sind helle Haare und Augen südwärts bis in den Atlas, südostwärts bis in den Kaukasus verbreitet, sondern auch bei den Aino (s. oben, S. 622) und den Malayopolynesiern treten uns Anklänge an die Völker Europas entgegen.

Eine Wotjäkin. Nach Photographie.

Während von Süden her dunkle Elemente in die weiße Rasse eingesickert sind, sie gebräunt und und ihr die mulattenhaften Züge aufgeprägt haben, die uns besonders an Semiten und Hamiten auffallen, so daß eine scharfe Grenze selbst zwischen Südeuropäern und Nordafrikanern hinsichtlich der Schädelform, Haut- und Haarfarbe und Körpergröße nicht gezogen werden kann, hat sich im Norden eine hellere, blonde und hochgewachsene Rasse erhalten, die wohl auch fremde, und zwar mongoloide Elemente von Osten her empfangen, aber in viel geringerem Maße, und von ihren eigenen Merkmalen besonders die blonde Haarfarbe an mongoloide Nachbarn abgegeben hat. Je weiter wir nach Norden gehen,

um so stärker überwiegt diese Rasse, die allerdings nirgends mehr rein erhalten ist, aber in wohl erkennbarem Zusammenhange noch heute in den Ländern sitzt, die um die Nordsee und Ostsee liegen. Nur einige von ihren Merkmalen, wie Dolichokephalie und hoher Wuchs, scheinen im nördlichen Asien noch nachgewiesen werden zu können. Diese Beschränktheit ihrer Wohnsitze weist darauf hin, daß die blonde Unterrasse fern von allen Möglichkeiten neger- und mongolenhafter Beimischungen entstanden ist. Sie macht den Eindruck der extremsten Ausbildung der weißen Rasse, die in insularer Abgeschlossenheit oder in einem weiten Gebiet entstanden sein muß, wo sie sich mit anderen Varietäten der weißen Rasse nicht berührte. Die geschichtlichen Ausgangsgebiete der blonden Kelten, Germanen und Slawen liegen im Norden und in der Mitte Europas und im westlichen Rußland.

Man begegnet häufig der Auffassung, die Mischrassen seien unter allen Umständen weniger wert als ihre Stammrassen. Demnach müßten alle Rassenmischungen schlechte Resultate geben. Dem widersprechen die Ergebnisse der Geschichte auf das Bestimmteste, denn die Träger der höchsten Kultur sind gemischt. Die Anglokelten Europas und noch mehr ihr mit allen Völkern Europas gemischtes Tochtervolk in Nordamerika gehören zu den meistgemischten Völkern der Erde. Die alten Griechen waren ein ausgesprochenes Mischvolk, in welchem Elemente der hellen europäischen Rasse mit Bestandteilen der dunkeln südeuropäischen, westasiatischen und nordafrikanischen gemischt waren. Das politisch begabteste Volk Südosteuropas, die Magyaren, sind ebenfalls ein ausgesprochenes Mischvolk. Es kommt offenbar auf die Elemente an, aus denen eine Mischung entsteht. Und hier kommt nun das geographisch Bedeutsame zur Geltung, daß ähnliche Rassen in der Regel benachbarte Gebiete einnehmen, so daß die Berührungsgrenzen mit extremen Formen nur beschränkt sein können. Außerdem nehmen die niedrigsten Rassen die entlegensten Gebiete der Erde ein. So gehört es denn zu den günstigen Umständen im Werden der heutigen Kulturrassen, daß sie sich in Räumen entwickeln konnten, wo sie entweder die Natur, vor allem das Meer, oder verwandte Rassen zu Nachbarn hatten, während durch weite Meere und Steppen Tieferstehende von ihnen getrennt waren.

Für die Entwickelung der Nationen ist es von großer Bedeutung, daß diesem beständigen Einfließen neuer Elemente keine entsprechende Aussonderung zur Seite geht. Es liegt darin ein gewaltiges Übergewicht der Einflüsse, die auf die Umbildung hinwirken im Gegensatze zu denen, welche die Reinhaltung der Rasse begünstigen. Ein Auszug der Juden aus Ägypten hat sich nicht wiederholt. Als Rußland seine Krimtataren zur Übersiedelung nach der Türkei veranlassen wollte, lagen die Verhältnisse so günstig wie möglich: die peripherischen Wohnplätze, die nomadischen Gewohnheiten, der ethnische und religiöse Unterschied schienen die Ausscheidung dieser Völkerschaft zu begünstigen, auch war Rußland mit der Türkei schon übereingekommen, daß sie die Krimtataren aufnehmen und dafür slawisch-christliche Bulgaren auswandern lassen werde; aber nur ein kleiner Bruchteil von jenen verließ damals die Halbinsel. Viel wirksamer ist die innere Auseinanderhaltung fremder Elemente durch geographische Sonderung, die allerdings auch nur die Berührung verringern, sie aber nicht auf die Dauer hindern kann. Wohl trennte einst die Naturgrenze zwischen Kulturland und Steppe den Chinesen vom Mongolen, aber als dieser erobernd in China eindrang und dort Herrscherdynastien gründete, begann eine Vermischung, die noch weiter griff, als die anwachsende Bevölkerung Chinas in die Steppe überfloß und alle Ackerbauoasen zu Zentren chinesischer Kolonisation umwandelte.

Rassenreinheit und Rasseneinheit sind also gar nicht möglich. Nach so vielen Bewegungen, Verschiebungen, Durchdringungen, Schichtungen, Mengungen und Mischungen ist, mechanisch aufgefaßt, eine Rasse nichts anderes als eine Gruppe von verwandten Völkern, die in einem natürlich abgeschlossenen Gebiete sich bewegen und, indem sie dieses Gebiet ausfüllen, ein solches

Übergewicht erlangen, daß fremde Zuwanderungen den durch Mischung entstandenen und durch Inzucht immer deutlicher ausgeprägten Rassentypus nicht rasch zu ändern im stande sind.

Das Aufeinandertreffen der Rassen.

Im Verlaufe der Geschichte der Menschheit mußten die Rassen einander näher kommen, um zu erfahren, wie verschieden sie sind, und ihre Geschichte ist eine fast ununterbrochene Annäherung, die auf der einen Seite zur Ausgleichung durch Mischung, auf der anderen zur bewußten Betonung der Gegensätze und Abstoßung führte. Solange jeder Stamm vom anderen sich durch breite unbewohnte Grenzwildnisse schied und der Gesichtskreis keines einzigen über die nächsten Umgebungen hinausreichte, lebten auch die Rassen weit getrennt voneinander. Bis zum Jahre 1492 hatten die roten Männer Amerikas keine Weißen gesehen, außer vielleicht einer von den atlantischen Weltströmungen angeschwemmten Leiche, und wie wenige Neger mögen vor den Entdeckungsfahrten der Portugiesen in Afrika eine Ahnung gehabt haben, daß es auch andere als schwarze Menschen auf der Erde gebe. Wurde doch noch vor wenigen Jahren Oskar Baumann im Nilquell-Lande thatsächlich als der Geist eines verstorbenen Fürsten begrüßt. An die Gestade Australiens dürfte selbst bis zum Beginne des 17. Jahrhunderts kein weißer Mann gestiegen sein. Ja selbst in den weiten Gebieten der Völker mongolischer Rasse in Asien sind bis zum 17. Jahrhundert weiße Leute eine große Seltenheit gewesen.

Im Gegensatze dazu ist unser Zeitalter von *Rassenkämpfen* erfüllt. In je weitere Räume die Völker und Staaten sich ausbreiten, um so häufiger treffen die Rassen aufeinander. Nicht mehr bloß Stämme und Völker begegnen sich; es sind die größten Glieder der Menschheit, zwischen denen eine seltsame Mischung von Durchdringung und Abstoßung arbeitet, jetzt mit Unterwerfung und Menschenraub und dann mit Handelsverkehr und Austausch. Das gehört zu den eigentümlichsten Erscheinungen im Leben der Menschheit, daß die Rassenverschiedenheiten nicht ruhig nebeneinander bestehen können. Die weiße Haut verdrängt die rote Haut, das straffe Haar erklärt dem Kraushaare den Krieg. Es sind nicht diese körperlichen Unterschiede, die einander auszuschließen streben, auch nicht wohlerkannte Abstufungen in der Begabung, es ist zunächst der Haß gegen das Fremdartige; erst später sucht eine und die andere Theorie von Minderbegabung, Kulturunfähigkeit und dergleichen diesen Haß zu rechtfertigen. Die stärkere Rasse drängt dann auf die schwächere, nimmt ihre besten Länder, treibt sie von den vorteilhaftesten Stellen zurück, schiebt sich zwischen sie und engt sie immer mehr ein. Die schwächere bleibt auch nicht stehen; sie drängt sich in die Lücken der stärkeren, tritt in ihre Dienste, macht sich ihr unentbehrlich. Drängt auch die stärkere im allgemeinen vor, so ist sie doch durch ihren Kulturbesitz weniger beweglich als die schwächere; denn die Kultur fesselt überall den Menschen an den Boden. So geschieht es, daß zwei Rassen auf demselben Boden als Träger verschiedener sozialer Funktionen auftreten. In Negerländern sehen wir den Buschmann als wandernden Jäger zwischen die ackerbauenden, ansässigen Neger gedrängt, in Persien und Afghanistan herrscht der Mongole und mongolische Türke, ursprünglich Nomade, über ackerbauende Iranier weißer Rasse.

Die Rassen zeigen beim Aufeinandertreffen ein ganz verschiedenes Verhalten. Die eine schließt die andere aus, weiß aber zugleich mit einer dritten sich abzufinden. Eine Rasse trifft vernichtend auf eine andere, zeigt sich unverträglich mit ihr und drängt sie überall hinaus, soweit ihre Verbreitung reicht. So haben die Angelsachsen die Indianer und Australier verdrängt und großenteils vernichtet. Die Spanier, Portugiesen und Franzosen mußten auch Indianer verdrängen, haben aber nicht in demselben Grade verderblich auf sie gewirkt, sondern sich

mit ihnen in großem Maße gemischt, so daß alle hispano-amerikanischen Staaten große Mengen von Mestizen umschließen. Noch anders ist das Ergebnis des Zusammentreffens der Araber mit den Negern. Hier begegnen wir keinen Verdrängungserscheinungen. Der Araber läßt die Neger für sich arbeiten oder verkauft sie als Sklaven, vermischt sich aber zugleich in solchem Maße mit ihnen, daß reine Araber in Ostafrika eine Seltenheit sind.

Die Rassenschichtung tritt überall dort ein, wo mehrere Völker von ganz verschiedener Begabung auf demselben Boden zusammentreffen, ein soziales und politisches Ganze bildend. Unfehlbar übernimmt dabei jedes eine andere Aufgabe, und diese ethnische Arbeitsteilung trägt dann sogar dazu bei, daß die einzelnen Völker ihre besonderen Merkmale schärfer ausbilden. Die Baluba, die als Ackerbauer unter die Bateke einwanderten, wo sie zugleich auf die wandernden Jägerstämme der Batua trafen, mischten sich mit jenen, während sie diese in ihrer sozialen Absonderung wenig berührten. In der Regel geht mit einer solchen Schichtung auch eine geographische Sonderung einher; der ackerbauende Neger robet in der Savanne, der Jäger haust im Walde, dem Lappen gehören auf der Skandinavischen Halbinsel die Hochländer mit tundraähnlicher Vegetation, der Neger zieht sich in Nordamerika immer weiter südwärts. Es ist möglich, daß ähnliche Sonderungen unbeobachtet zwischen Land- und Stadtbewohnern innerhalb der Kulturvölker sich vollziehen. Ammon hat aus seinen oben angeführten Messungen an badischen Rekruten nachgewiesen, daß in der badischen Bevölkerung, die überall in der Mehrheit kurzschädelig ist, mehr Langschädel in der Stadt als auf dem Lande, und daß die kürzesten Schädel überhaupt nur auf dem Lande vorkommen, während in den Städten die mittellangen Schädel vorherrschen. Nach Ammon wäre dies auf eine soziale Auslese zurückzuführen, die Mittel- und Langschädel zögen in größerer Zahl in die Städte, während die Kurzschädel zurückblieben; und er zaudert nicht, als Grund für diese Bewegung anzugeben, die Langschädel seien unternehmender und tüchtiger, und „die Geistesanlagen der Germanen seien heute noch diejenigen, welche ein Individuum am leichtesten den Kampf um die Existenz, wie er in den Städten geführt wird, bestehen lassen".

In der Abstoßung der Rassen ist nicht der körperliche und geistige Unterschied an sich so wirksam wie die sozialen Wirkungen dieser Unterschiede und dann die Auffassung, welche die Völker davon hegen, woher das Nebeneinandergehen grundverschiedener Beziehungen stammt. Auf der einen Seite geistiges Fremdsein bis zur Leugnung jeder Möglichkeit einer geistigen Annäherung, und auf der anderen körperliche Vermischung in ausgedehntem Maße, die allerdings stark durch die soziale Schichtung beeinflußt wird. In den Vereinigten Staaten von Amerika kommen Ehen zwischen Weißen und Negern zwar in den tieferen Schichten, nicht aber in den höheren vor, und in Sibirien nimmt nicht der russische Beamte, Offizier oder Gutsbesitzer eine burätische Frau, wohl aber der Bauer und Kleinbürger. Da indessen der Weiße sich mit allen farbigen Rassen vermischt, mit Negern, Hottentotten, Malayen, Indianern und Australiern Mischlinge gezeugt hat, da sich nicht minder Indianer und Neger, Malayen und Neger, Chinesen und Malayen gemischt haben, so kann man nicht von einer angeborenen Abneigung der Rassen gegen die innigste Berührung sprechen.

Wohl erweitert aber die soziale Tieferstellung einer niederen Rasse die Kluft zwischen ihr und einer höheren, die jene um einige Stufen überragt. Wenn die Australier zu einem zigeunerhaften Proletariat ohne regelmäßige Arbeit und feste Wohnplätze heruntersinken, während der weiße Ansiedler auf dem Lande, das jenen ursprünglich gehörte, immer reicher wird, hört zuletzt die Berührung der beiden Schichten auf, die sich in entgegengesetztem Sinne voneinander entfernen.

Höchstens die heruntergekommensten Glieder der weißen Gesellschaft mischen sich noch unter die äußerlich und höchst unvollkommen europäisierten Farbigen (s. die untenstehende Abbildung). Durch solches Auseinanderrücken mögen wohl jene merkwürdigen Völkerklüfte entstanden sein, wo wir in demselben Lande zwei Völker wohnen sehen, deren eines das andere für so unrein hält, daß es seine Berührung nicht bloß, sondern sogar seinen Atem verabscheut. In solchen Fällen wirkt die soziale Unterscheidung unmittelbar rassenbildend, es entstehen die sozialen Rassen, die vergänglich sind, aber in jedem einzelnen Volke sich immer von neuem bilden. Es sei nur an die Krieger- und Erobererrassen und -kasten erinnert. Unter den Griechen waren die Macedonier noch in der Römerzeit als Soldaten geschätzt, und ihre illyrischen Nachbarn waren den Armeen des römischen Reiches einst ebenso unentbehrlich wie ihre albanischen

Lager europäisierter Eingeborener Australiens. Nach „The Living Races of Mankind“; Hutchinson u. Co., London.

Nachkommen den türkischen. Die Germanen sind den Römern zuerst durch ihre militärischen Eigenschaften wertvoll geworden; schon bei Cäsar galten die germanischen Bataver für Muster treuer Soldaten, für die besten Schwimmer und Reiter der Armee, und später zeichneten sich die Alemannen als Reiter aus. Jahrhunderte hindurch sind die Deutschen als Soldtruppen die Stütze romanischer Staaten in Süd- und Westeuropa gewesen; auch die Wirksamkeit der Deutschen bei der Eroberung und Verwaltung der russisch-asiatischen Länder gehört hierher.

Wenn Völker derselben Rasse aufeinandertreffen, kämpfen sie oft erbittert miteinander, und es entstehen Konflikte, die sich durch Generationen hinziehen. Mit der Zeit macht sich aber die Rassenverwandtschaft fühlbar, und nun vereinigen und vermischen sich diese Völker, oder es entsteht ein Machtgleichgewicht zwischen ihnen. So tief der Haß zwischen Griechen und Persern gewesen war, diese Völker lernten sich doch einmal verstehen; Alexander der Große heiratete die Tochter des Perserkönigs und nahm persische Sitten und Trachten an. Als der Widerstand Galliens gebrochen war, spielten seine Bürger im Römischen Reich bald eine große Rolle; Lyon und Trier wurden Hauptstädte der damaligen Welt und hatten bekanntlich eine große Stelle in der Geschichte des Christentums im Römischen Reiche. Rom begann damit, daß es die schärfsten Unterschiede machte zwischen römischen Bürgern und Nichtrömern und endigte mit der

Verleihung des römischen Bürgerrechtes an alle Einwohner des ausgedehnten Reiches, einerlei welches Stammes; das war nur möglich, weil alle diese Völker nicht durch unüberwindliche Rassenunterschiede getrennt waren. So sehen wir Engländer und Franzosen, Deutsche und Italiener, Russen und Polen mitten im Kämpfen ineinander übergehen und einander ähnlich werden. Es schlagen endlich die Anlagen und die daraus hervorgehenden Leistungen durch.

In den Griechen ist ein Gefühl von entfernter Verwandtschaft mit den nordischen Barbaren, man möchte sagen ein Zug zu ihnen. Er führt vielleicht zurück auf jene Welle nordischer Energie, die einst südwärts bis Kreta vorgeschwellt war. Die von Nordwanderern nach Griechenland getragenen Einflüsse zersetzten sich allmählich und schritten gleichsam nach Norden zurück bis Thessalien, wo „noch viel unversehrte Volkskraft" (Curtius) war, und an die thrakische Küste, wo der Geschichtschreiber in der Energie der Bürger von Olynthos die heilsame Mischung hellenischen Geistes mit nordischer Volkskraft sieht. Aus Mischehen mit thrakischen oder skythischen Weibern sind Kimon, Thukydides, Antisthenes, Demosthenes, vielleicht Themistokles hervorgegangen. Die griechisch-macedonischen Beziehungen haben gezeigt, wie viel näher sich die Hellenen der bedrohlichsten Macht ihres Nordens im Vergleich mit den Syrern oder Ägyptern fühlten, denen sie, ebenso wie die Römer, immer fremd gegenüberstanden.

B. Das Verhältnis des Menschen zur Erde.

Inhalt: Der Mensch als Teil der Erdoberfläche. — Völkerbewegungen und geschichtliche Bewegung. — Die Entwickelung und Bedeutung des Verkehrs. — Die Wege. — Die Verkehrsmittel und Verkehrsgüter. — Die Menschheit und der Erdraum. — Die Volksdichte. — Siedelungen. Dorf und Stadt. — Die historische Landschaft.

Der Mensch als Teil der Erdoberfläche.

Auf der Erde und aus deren Stoffen gebildet, aus einer langen Reihe von Vorgängern von gleichem Ursprung und gleicher Erdgebundenheit entwickelt, kann der Mensch unmöglich anders denn als ein erdgebundenes Wesen aufgefaßt werden. Der Einzelne hat sein Haus und zuletzt sein Grab auf oder in einem Stück Boden, das Volk sein Land, die Menschheit die Erde. Lage, Raum und Grenzen der Menschheit und der Völker sind in die Erdoberfläche eingezeichnet, und schon in der Lage und den Umrissen der Erdteile künden sich Unterschiede an, die in der Geschichte und im Wesen ihrer Völker irgendwann zum Ausdruck kommen werden. Weiter empfängt jedes Volk eine Mitgift von dem Teil der Erde, in dem es wohnt. Beim Grönländer ist es Schnee und Eis, beim Australier die Dürre des Steppenklimas, beim Afrikaner tropische Wärme, gemäßigt durch die Hochlandnatur, aber auch versetzt mit Trockenheit.

Indem wir die Völker auf und mit ihrem Boden betrachten und beschreiben, begegnen wir immer zahlreichen Spuren von ihren Bewegungen über die Erde hin. Kein Völkergebiet ist beständig, bei jedem drängt sich uns die Frage auf: Wie ist es geworden und gewachsen? Kein Volk der Erde erfüllt die mythische Forderung, auf dem Boden entstanden zu sein, den es einnimmt; es folgt daraus der Schluß, daß es gewandert und gewachsen ist. Es wird auch nicht immer auf diesem Boden bleiben, wie uns die Geschichte der verschwindenden, auswandernden, Völkerzweige treibenden Völker lehrt. Und allen diesen Bewegungen weist die Erde mit ihren tausend Verschiedenheiten der Lage, des Raumes, der Bodengestalt, der Bewässerung und des Pflanzenwuchses Wege, sie hemmt, fördert, verlangsamt, beschleunigt, zerteilt, vereinigt die sich bewegenden Massen. Erforscht nun die Geographie diese Vorgänge, so berührt sie sich eng mit der Geschichte, denn auch die Geschichte betrachtet die Menschheit in Bewegung; nur blickt sie in der Regel nicht durch die Menschheit durch bis auf den Boden, und umgekehrt sieht die Geographie in allen diesen Bewegungen den Boden gleichsam durchscheinen.

Als eine dritte Gruppe treten uns die Wirkungen der Natur auf Körper und Geist der Einzelnen und durch diese auf ganze Völker entgegen. Es sind hauptsächlich Wirkungen des Klimas, der Bodenbeschaffenheit, der pflanzlichen und tierischen Erzeugnisse des Bodens, denen der Körper des Menschen unterliegt. Durch den Geist wirken alle Erscheinungen der Natur in bald derb auffälliger, bald geheimnisvoll feiner Weise auf Wesen und Handlungen; bald scheinen sie sich nur zu spiegeln, bald beleben oder hemmen sie die geistige Thätigkeit. In Religion, Wissenschaft und Dichtung begegnen uns die Wirkungen der „Umwelt". Aber die Erforschung aller dieser Einflüsse ist viel weniger Sache der Geographie als der Physiologie und Psychologie; und dies um so mehr, als sie nicht als tote Spuren im Organismus ruhen, sondern in das körperliche und geistige Leben übergehen und fortwirkend in dasselbe eingreifen. Doch wird die Anthropogeographie die auf diesen Gebieten gewonnenen Erkenntnisse bei den Beschreibungen der Länder und Völker nicht übergehen, wie denn besonders alle Akklimatisationsfragen sie unmittelbar berühren. Siehe darüber oben, S. 511 u. f.

Der Gang jeder Völkerbeurteilung geht also von dem Boden aus, auf dem die Völker stehen und arbeiten, der oft schon seit vielen Generationen ihre Heimat ist; mit dem Boden ist die Umgebung im weitesten Sinne des Wortes gegeben, von Luft und Licht und vom Sternenhimmel an, der sich in den Seelen spiegelt, bis zur Erde, die der Landmann pflügt, und dem Steinblock, aus dem die Giebelkrönung eines herrlichen Tempels ersteht. Das sind die geographischen Elemente, die uns Boden und Rahmen der Beurteilung liefern. Wir wenden uns dann an die Völkerkunde und fragen zuerst: Wie ist das Volk gebaut, wie sind seine Knochen, Muskeln, Nerven? Darauf antwortet uns die Anthropologie. Dann fragen wir: Wie ist das Volk geschichtlich geworden und erzogen? Zu welchem Kulturkreis gehört es? Was schafft und leistet es? Darauf antwortet uns die Ethnographie im engeren Sinn, und bei Völkern von höherem Kulturstand spricht ihre Litteratur, Kunst, Religion am allervernehmlichsten.

Es ist ganz unbegründet, in dieser Voranstellung des geographischen Elementes den Ausfluß einer materialistischen Auffassung der Menschheit und ihrer Geschichte zu sehen. Das Volk erleidet keine Einbuße an Freiheit, wenn wir es in den Schranken seiner Naturbedingtheit betrachten. Zugegeben, daß es in jedem Volk Gaben und Neigungen gibt, die unter den verschiedenen Umständen dieselben bleiben, so entgeht doch kein einziges Volk dem Einfluß seiner äußeren Lebensbedingungen. Es gibt Eigenschaften des Bodens, die sich mit der Macht des Naturgesetzes zur Geltung bringen. Daß sie ruhen können, darf uns nicht täuschen, sie werden erwachen und dann sogleich ihre ganze Kraft entfalten. Wer zweifelt, daß Innerasien wandernde Hirten beherbergt hat, seitdem sein Klima und sein Boden so sind, wie wir sie kennen, und seitdem es von Menschen bewohnt wird, die Tiere domestiziert haben? Wer würde 1850 gewagt haben, vorauszusagen, daß Japan eine große Seemacht werden würde? Solche Thatsachen der Natur haben ihre Stelle neben den Zeugnissen der Geschichte; sie gehören zu den Merkmalen eines Volkes.

Bei der Beantwortung aller dieser Fragen leistet die Geschichte der Geographie wesentliche Dienste, indem sie ihr Beispiele aus der Vergangenheit zum Vergleich mit der Gegenwart bietet. Die Geographie wiederum liefert der Geschichte das Material zur Kenntnis des Bodens, auf dem die geschichtlichen Bewegungen vor sich gehen. Der Frage, ob man sie darum nur als Hilfswissenschaft der Geschichte ansehen solle, stellte Kant die Frage entgegen: Was war früher da, Geschichte oder Geographie? und antwortet: Die Geographie liegt der Geschichte zu Grunde, denn die Begebenheiten müssen sich doch auf etwas beziehen. Keine Wissenschaft ist nur Hilfswissenschaft, jede aber ist zu einem Teil Hilfswissenschaft einer anderen oder mehrerer anderen. Wir fassen in dieser vergleichenden Erdkunde überall Geographie und Menschheitsgeschichte als Schwesterwissenschaften in demselben Sinne wie Geographie und Erdgeschichte auf. Dem Geographen, der gewöhnt ist, jede tellurische Einzelheit in ihrem Zusammenhang mit der gesamten

Erde zu sehen, und der auch das Volk nicht anders denn als Glied der Menschheit und als Bestandteil des Planeten auffassen kann, kommt die Beschränkung der Geschichte auf die sogenannten Geschichtsvölker willkürlich vor. Den Geschichtschreiber stört nicht die Lücke zwischen geschichtlichen und geschichtslosen Völkern, denn er bannt seinen Blick in den Kreis der Schriftvölker; der Geograph aber, der die gesamte Menschheit zu überschauen hat, leidet darunter. Hier ist z. B. ein wichtiger Punkt, an welchem die Geschichtswissenschaft von der größeren Weite geographischer Anschauung Gewinn ziehen kann. Wer eine neue umfassende Darstellung der Weltgeschichte, wie die Helmoltsche, mit den Fragmenten vergleicht, die man sonst Weltgeschichte nannte, wird den Fortschritt anerkennen, zu dem die Geographie den Anstoß gegeben hat.

Völkerbewegungen und geschichtliche Bewegung.

Die Beweglichkeit ist eine wesentliche Eigenschaft des Völkerlebens, die auch dem scheinbar ruhenden Volke nicht fehlt; wir verstehen darunter nicht bloß die Ortsveränderung, welche der Mensch vollzieht, sondern alle seine Fähigkeiten und Neigungen, körperliche wie geistige, die, noch immer sich steigernd, aus dem Verkehr im weitesten Sinne eine der größten Kräfte der Kultur machen. Allerdings genügt es nicht, um diese Kraft zu schätzen, eine oder die andere große „Völkerwanderung" herauszugreifen. Wo man sonst nur solche vereinzelte Massenwanderungen sah, vergrößert sich einem tieferen Blick Zahl und Umkreis der Bewegungen der Völker, und folgerichtig stößt die Forschung, die dieser Beobachtung nachgeht, immer auf Zusammenhänge, wo Trennungen erwartet wurden. Schon J. G. Kohl hat 1841 in seinen Betrachtungen über Ansiedelungen und Verkehr den Menschen aufgefaßt als „ein geselliges und unruhiges Wesen, das seine Lage und Stellung immer zu verändern und zu verbessern sucht", und in der Völkerkunde sehen wir die Neigungen zur Zerstreuung, die in Wanderlust, Streit, Krieg, Handel der Völker liegen, in beständigem Kampf mit den zusammenhaltenden Kräften der Gesellschaft, des Staates, der Sprach- und Kulturgemeinschaft. Daraus geht hervor, was wir geschichtliche Bewegung nennen, und was schon Karl Ritter als historisches Leben und Völkerentwickelung zusammengefaßt hat.

Damit, daß wir heute ein Volk klassifizieren und benennen, ist noch nicht gesagt, daß dasselbe Volk mit denselben Eigenschaften immer an derselben Stelle war; es kann vor einigen Jahrtausenden ein ganz anderes an dieser Stelle gesessen haben. Das Ursprungsgebiet kann gleichsam verschüttet sein, wie das der germanischen Völker an der Ostsee oder das der Dorier in Thessalien. Es wäre gefehlt, die Japaner sich immer so abgeschlossen vorzustellen, wie sie die letzten Jahrhunderte waren, und kurzsichtig war daher die Meinung Lütkes, man dürfe die Karolinen-Insulaner nicht von den Ostasiaten herleiten, „die nie ihren häuslichen Herd verlassen", sondern von — den reiselustigen Hindu! Jedes Völkergebiet ist etwas ununterbrochen Fließendes und sich Veränderndes, und zwar kann man nicht annehmen, daß es sich nur ausbreite und wachse, sondern es geht auch zurück, wird zusammengedrängt, durchbrochen und verschwindet endlich vor den Augen eines Beobachters, der die Völkerschicksale voraussieht: „einen verdunstenden Tropfen im Völkermeere Afrikas" nannte Schweinfurth die zusammenschwindenden Bongo. Die Völkergeschichte eines ganzen Erdteils wie Europa hat bei zunehmenden Volkszahlen den Charakter eines Gedränges mit beständigen Verdrängungen angenommen. Das Wachsen als innere Bewegung ruft äußere Bewegungen hervor, von denen ganze Staaten ergriffen werden, die sich auf Kosten anderer gewaltsam ausbreiten, und zahlreiche einzelne, die ihre Wohnsitze verlassen. Je weiter wir in der Geschichte zurückgehen oder auf der Stufenleiter

der Kultur hinabsteigen, desto mächtiger und unvermittelter fluten uns die Völkerbewegungen entgegen; Völkerwanderungen stehen am Beginn der Geschichte aller Kulturvölker.

In den Überlieferungen der *Indianer* erscheint es als selbstverständlich, daß, wenn ein Volk sich vermehrt, es zu wandern beginnt. Daher leitet das „Als sie zahlreicher wurden", oder „Da sie sich vermehrten" in indianischen Geschichtsüberlieferungen gewöhnlich die Erzählung von Wanderungen und Teilungen ein. Oder wie Heckewelder von den Lenni Lenape sagt: Aus den drei ursprünglichen Stämmen waren im Laufe der Zeit mehrere andere entsprungen, die, um desto besser zu wohnen, sich selbst entfernte Landstriche zu ihren Niederlassungen erwählten. Zu spät erst erkannten diese Völker, daß in der Vermehrung ihrer Zahl eine Machtquelle lag, die sie allein befähigt hätte, den Wettbewerb mit den Weißen aufzunehmen. Von den Delawaren sagt Heckewelder, daß die Rolle einer neutralen Nation, welche die Irokesen ihnen aufgedrängt hatten, ihnen ohne die Ankunft der Weißen zum Vorteil gereicht haben würde, denn sie würden im Frieden durch Vermehrung ihrer Volkszahl stärker geworden sein. Innerhalb eines Jahrhunderts hat das Kaokofeld im nördlichen Deutsch-Südwestafrika zwei neue Völkerschichten über die ältere der Bergdamara sich legen sehen: erst die südlich und südöstlich wandernden Ovaherero, dann, vor 20 Jahren, die kleinen Hottentottenstämme der Toppnaers und Zwartboois, die von Süden kamen und sowohl Bergdamara als Herero sich unterwarfen.

Man kann nach der *Stärke und Art der geschichtlichen Bewegung* die Zeitalter unterscheiden. Ändert sich auch die Beweglichkeit der Völker unablässig, so gibt es doch auch in dieser Entwickelung Abschnitte. Auf tiefer Stufe der Kultur sind die Gesichtskreise klein, die Völker nehmen noch enge Räume ein, der Boden ist nur insoweit wegsam, als die Natur ihn so gestaltet hat; aber anderseits sind gerade auf dieser Stufe die festhaltenden Kräfte am geringsten, die kleinen Völker, die weite Räume vor sich haben, zerstreuen sich leicht, und wir finden nicht wenige Völker, die überhaupt nicht zur Ruhe kommen. Diese Verteilungsweise läßt weite Räume unbesetzt, in die sich wandernde Völker hineindrängen. Der rasche Rückgang der Indianer Nordamerikas vor der europäischen Besiedelung lag hauptsächlich in der weiten Verteilung der Indianer in kleinen Gruppen über ein weites Gebiet; um so leichter drängten sich die Europäer zwischen sie ein. Diese älteren Bewegungen kämpften in erster Linie mit dem Raum und anderen geographischen Schwierigkeiten; je älter aber die Menschheit wurde, desto mehr traten die Völker selbst als Hemmnisse der Bewegung einander entgegen, bis endlich die *Geschichte ein Gedränge* geworden ist, als welche wir sie heute vor uns sehen. Rasche räumliche Veränderungen erfahren nur noch die Staaten, die Völker aber bleiben eingekeilt auf ihrem Boden und können nur langsam Umänderungen durch das Eindringen und Ausscheiden einzelner oder kleinster Gruppen erfahren; die größten Kriege der neueren Geschichte haben im eigentlichen Europa die Völkerlagen nicht mehr zu ändern vermocht, nur im äußersten Südosten hat die politische Zurückdrängung der Türkei an manchen Stellen auch die Rückwanderung der Türken auf türkisch gebliebenes Gebiet, besonders nach Kleinasien, zur Folge gehabt. Es bleiben also nur noch jene Bewegungen einzelner herüber und hinüber übrig, die Quatrefages einmal als charakteristisch für die Guarani (Tupi) bezeichnet hat: alternativement penétrant et penétrés nennt er sie und denkt dabei an die leeren Räume zwischen den Stämmen. Der Ausdruck paßt ebensogut auf das geschichtliche Gedränge, in dem die Kulturvölker stehen.

Der allen Völkern ursprünglich eigene Trieb zur Abschließung kann das Verkehrsbedürfnis nicht ertöten. Wir finden *friedlichen Verkehr* bei allen Völkern, auch den ärmsten und kleinsten. Es ist für ihn gesorgt durch vorgeschriebene Wege, Plätze und Grenzübergänge, durch unverletzliche Boten und Zwischenträger, die sehr häufig weiblichen Geschlechts sind, und nicht selten wird dem Verkehr der Charakter einer wichtigen Staatshandlung beigelegt. Es kommt dabei durchaus nicht auf die Befriedigung notwendiger Bedürfnisse und darauf begründeten Handel an: zentralaustralische Völker pflegen Verkehr über Hunderte von Kilometern, um Farbstein oder ein pflanzliches Kaumittel von narkotisierender

Wirkung zu holen. Einen ausgebreiteten Seeverkehr schon in vorgeschichtlicher, in Europa in neolithischer Zeit beweist das Vorkommen ethnographischer Gegenstände, die nur auf dem Seeweg ihren Ort erreichen konnten; auch die Häufigkeit der megalithischen Denkmäler, besonders der Dolmen und Menhir oder Steinpfeiler in küstennahen Gegenden von Nordeuropa bis zum Mittelmeer rechnen wir dazu. Wie in Korsika die Lage der Dolmen in großer Nähe der Küsten auffällt, so daß der erste Gedanke ist, Seefahrer hätten diese Wohnstätten der Toten mit dem Blick aufs Meer errichtet, so liegen sie in Schweden vorzugsweise in der Nähe des Seestrandes oder an den Ufern der großen Seen oder der Flüsse. Übrigens ist die allgemeinere Frage berechtigt, ob nicht in der Monotonie der mitteleuropäischen neolithischen Funde im Gegensatz zum nordischen Formenreichtum schon ein Hinweis auf ausgedehnteren ozeanischen Verkehr der Nordseeumwohner liege?

Die Entwickelung und Bedeutung des Verkehrs.

Die nächste Absicht des Verkehrs ist die Bewegung von Menschen oder Dingen von einer Stelle der Erdoberfläche zur anderen; die Bewegung von Gedanken kommt erst auf der höchsten Stufe der materiellen Kultur in größerem Maße mit in Betracht. Mit der Erreichung dieser Absicht ist nun eine ganze Reihe von Gewinnen für die Kultur des Menschen verknüpft. Insofern schafft der Verkehr viel mehr, als er bezweckt, und seine Wirkungen gehen weit über das materielle Gebiet hinaus. Der polynesische Fischer, der sich zum erstenmal über den Horizont seiner heimischen Koralleninsel hinauswagte, der indianische oder australische Jäger, der zum erstenmal den Grenzwald durchschritt, gehören beide zu den geographischen Entdeckern und zu den Erweiterern des geographischen Gesichtskreises. Aus zahllosen derartigen Einzelleistungen des Verkehrs sind die früheren Fortschritte der Erdkenntnis hervorgegangen. Daher kommt auch die hohe Stellung der verkehrskräftigen Phöniker, Karthager, Griechen, Portugiesen u. s. w. in der Geschichte der Entdeckungen. Soll man mit einem einzigen Namen diese hohe geschichtliche Stellung des Verkehrs nennen, sie gewissermaßen verkörpern, so sei Marco Polo genannt, jener venezianische Kaufmann, der, um Reichtümer zu erwerben, den fernen Osten besuchte und in seinem Reisewerke uns die bedeutendste Reisebeschreibung des Mittelalters gegeben hat, die bis auf den heutigen Tag ihren Wert bewahrt. Marco Polo aber ist nur ein Beispiel, ein Typus. Die großen Abschnitte in der Entwickelung der Erdkenntnis sind eben deswegen zugleich auch Abschnitte in der Geschichte des Verkehrs, und beide treffen mit großen Wendepunkten der Geschichte der Menschheit zusammen. Als die Phöniker zum erstenmal über die Säulen des Herkules hinausfuhren, wo sie ungefähr um 1100 v. Chr. Gades, das heutige Cadiz, gründeten, als der Gesichtskreis der Römer zum erstenmal im 1. Jahrhundert n. Chr. sich bis zum Stillen Ozean erweiterte, als Kolumbus 1492 seine Fahrt nach Amerika machte, als Tasman 1641 Tasmanien und Neuseeland entdeckte, waren nicht bloß bedeutende Verkehrsziele erreicht und wichtige Wege gewiesen, sondern große geschichtliche Entwickelungen eingeleitet.

Der Verkehr geht auch der Staatenbildung voraus, bahnt ihr die Wege, steckt ihr die Grenzen erweiterter Gebiete ab; das zeigt am deutlichsten die Bildung jener jungen, werdenden Staaten, die man Kolonien nennt. Die Anfänge jenes mächtigen Reiches der Vereinigten Staaten von Amerika, das heute die Neue Welt beherrscht und seinen Schatten auf die Alte wirft, heißen Pelzhandel, Menschenhandel, Stockfischfang, Tabaksbau, Goldsuchen u. s. w. Wenn man einst die Geschichte der jungen deutschen Kolonien schreiben wird, wird man finden, daß ihre ersten Keime die Faktoreien von Hamburger und Bremer Handelshäusern an den Küsten Afrikas und pacifischer Inseln waren. Erst die von Hamburg ausgehenden Vorschläge, diese privaten Gründungen unter deutschen Schutz zu stellen, haben zur Errichtung der Schutzgebiete

geführt. Ja, selbst in die Geschichte der großen Reiche greift der Verkehr wie ein Schwungrad ein, das die getrennten Völker, Provinzen, Länder, Kolonien rascher zusammenbringt und fester beisammenhält. Jedes große Reich hat sein Straßennetz gebaut, am stärksten und dichtesten das römische; aber schon das persische Reich, und selbst die Reiche der Inka und Tolteken, die in voreuropäischer Zeit in Amerika entstanden waren, haben gemauerte und sogar stellenweise zementierte Straßen gehabt. Steigen wir nur bis zur neuesten Geschichte herab, so sehen wir, wie dem neuen Deutschen Reich der Zollverein vorangeht; das bedeutet, daß der wirtschaftliche Verkehr den politischen Zusammenhang vorbereitete. Bei solchen Wahrnehmungen über die lebendigen und lebengebenden Beziehungen zwischen Verkehr und Völker- und Staatengeschichte sagt man sich: das oft wiederholte, vollberechtigte Wort „Wir stehen im Zeichen des Verkehrs" muß erweitert werden, die ganze Weltgeschichte steht im Zeichen des Verkehrs. Aber freilich, unsere Zeit steht entschiedener in diesem Zeichen als irgend eine vorhergehende. Die Verkehrsfragen brennende Fragen zu nennen, klingt zu banal; wohl aber dürfen wir sie dringende und gleichsam erwärmende nennen, denn sie berühren Wohl und Weh der Menschheit.

Vergessen wir nicht ihre geistige Seite. Nicht bloß die Post und der Telegraph vermitteln den Verkehr der Gedanken, und nicht bloß die Bücher und Zeitschriften, die der Verkehr verfrachtet, sind geistiges Gut. Es ist zwar eine sehr bemerkenswerte Thatsache, daß Deutschland 1899 für 133 Millionen Mark Bücher, Zeitschriften, Bilder und dergl. ausführte, aber doch noch viel beachtenswerter ist es, daß mit dem Verkehr die geistige Kultur wandert. Der Verkehr verbreitet wohl Schädlichkeiten der Kultur, aber er verbreitet auch ihre edelsten Früchte. Schon das Urchristentum der ersten Jahrhunderte unserer Zeitrechnung ist dieselben Wege gegangen, wie der Verkehr im Römischen Reich, dessen großstädtische Zentren die Ausstrahlungspunkte der neuen Lehre wurden, und so folgt in unserer Zeit die Mission dem Handel oder geht ihm sogar voran.

Die Wege.

Jeder Weg ist eine Entfernung, ein Stück Erdoberfläche und ein Stück Menschenwerk; höchstens die primitivsten Flußwege sind Werke der Natur allein (s. die Abbildung, S. 636). Daher sind bei der geographischen Betrachtung der Verkehrswege auseinanderzuhalten: die Länge und Richtung, der Verlauf und die Beschaffenheit. Richtung und Länge werden bestimmt durch die Lage zweier Punkte, Ausgangs- und Endpunkt, der Verlauf durch die Lage unzähliger Punkte, die bei jedem Abschnitt, oft bei jedem Meter Weglänge die Richtung des Weges ändern; im Verlauf kommen aber auch noch andere Einflüsse zur Geltung, vor allem die Unterschiede der Höhe, dann die Bodenbeschaffenheit, das Klima, die Vegetationsdecke. Diese beeinflussen zugleich auch die Beschaffenheit der Verkehrswege, die endlich an Länge, Breite, Festigkeit, Dauer und Zweckmäßigkeit von den tieferen zu den höheren Stufen der Kultur wachsen. Alle Länder der Naturvölker haben nur Pfade, keine Wege, keine dauerhaften Brücken, sondern hängende Stege, wie man sie auch noch in Japan findet (s. die Abbildung, S. 637), vor allem kein zweckmäßiges Wegnetz. Die einzigen großen, auf Dauer berechneten Straßen zeigen uns im Bereich der Stein- und Bronzekultur die alten Kulturländer der Inka und Tolteken, sonst finden wir diesen ungeheuer folgenreichen Fortschritt nur in den alten Ländern der Eisenkultur Asiens und Nordafrikas. Die Straßennetze werden allmählich dichter, die Straßen dauerhafter; mit ihnen wechselwirkend steigert sich der Verkehr und die Macht und Dauer der Staaten, und so läßt die Verdichtung der Bevölkerung, die den Verkehr hemmen zu sollen schien, die Menschen auf der höchsten Stufe der Kultur noch beweglicher sein als auf allen tieferen. Mit

einem Eisenbahnnetz von 750,000 km Linienlänge, wie es für den Anfang des 20. Jahrhunderts anzunehmen ist, ist auch rein geographisch die Oberfläche der Erde gründlich anders geworden, denn mit dieser Entwickelung gehen viele andere Hand in Hand: Eisenbahnbrücken von fast 2 km Länge, wie die von Mestre nach Venedig durch die Lagunen führende, Trajektschiffe, Bahnhöfe, die kleinen Städten gleichen, sind mit ihnen entstanden. So schafft der Verkehr eine eigentümliche modernste historische Landschaft.

Wenn auch die Erforschung der Wege, die vorher waren, wesentlich Sache der Verkehrsgeschichte ist, so tragen wir doch auf unseren Karten z. B. die alten Römerstraßen Süddeutschlands oder der Alpen ein, geben alte Brücken, alte Verkehrsmittelpunkte an. Dabei finden wir,

Ein Bach mit Auslegerboot auf den Andamanen. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 635.

daß im Laufe der Geschichte die Wege auch darum kürzer wurden, weil sie gerader geworden sind. Die kürzeste Entfernung zwischen zwei Punkten, welcher die Eisenbahnen auf Strecken von Hunderten von Kilometern folgen, kam bei den alten Landstraßen gar nicht in Betracht; denn da der Verkehr ohnehin zeitraubend war, kam es nicht auf ein paar Kilometer an, um Hindernisse zu umgehen. Nur in einem einzigen Fall sind die alten Straßen oft kürzer als die neuen und sogar als die Eisenbahnen: das ist im Gebirge. Eine Römerstraße der Alpen fürchtet keine Steigung, die moderne Kunststraße verlängert in weiten Schlingen und Zickzack den Weg, um die Steigung zu verringern. Dabei muß man bedenken, daß auf den alten Straßen geringere Lastenmengen befördert wurden als auf den neuen: ein einziger Güterzug der Brennerbahn führt mehr Wein aus Italien über die Alpen, als die römischen Lastträger und Saumtiere in einigen Monaten zu befördern vermochten.

Der Verkehr ist von der Bodenbeschaffenheit abhängig. Es gibt Boden, der den Verkehr fast ausschließt, und anderen, der ihn begünstigt. Das Inlandeis Grönlands, die Sandmeere der Sahara, die Sümpfe des oberen Dnjeprgebietes oder im Unter- und Mittellauf des

Amazonas, dichte Wälder und hohe, dichte Strauchsteppen setzen dem Verkehr unüberwindliche Hindernisse entgegen. Wohl gibt es kein Gebirge, das nicht Einsenkungen hätte, die man leichter überschreiten kann; aber doch bilden die Hochgebirge im ganzen für die Überschreitung schwere Hindernisse. Ohne künstliche, festgebaute Straßen sind alle regenreichen Länder in der Regenzeit und in der Zeit der Schneeschmelze unpassierbar; weite Teile der innerafrikanischen

Steg über den Dome-Oga, Japan. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 635.

Hochländer sind in der Regenzeit Überschwemmungsseen und Sümpfe, im Frühling sind es bei der Schneeschmelze Teile der Prärien Nordamerikas.

Ausgebreitete Hindernisse dieser Art umgeht der Verkehr, so wie er Meere und Seen umgeht. Die Wüste Sahara wird von dem Verkehre, der nach den Ländern des Sudân zieht, im Westen auf dem Atlantischen Ozean, im Osten auf dem Nil umgangen. Die Römer umgingen die Alpen, indem sie durch Gallien nach Helvetien und später nach Germanien vordrangen. Der Verkehr zwischen Indien und Hinterindien auf der einen, Innerasien auf der anderen Seite

umgeht den Himalaya im Osten durch Assam oder auf dem oberen Irawaddi, im Westen auf den Wegen durch Afghanistan und über den Hindukusch. Weniger beträchtliche Hindernisse überschreitet der Verkehr auf Brücken, Viadukten, Dämmen, Knüppelwegen. Wo leichtere Stellen mit schwereren wechseln, zerlegt sich der Weg in Abschnitte, wo dann immer Rast- und Marktplätze entstehen. So wirken die Oasen in der Wüste so recht als Inseln im Sandmeer; von ihrer Verteilung hängt Richtung, Art und Größe des Verkehrs ab; sie sind deshalb auch immer Markt- und Stapelplätze. Die geringe Ausdehnung des Landes im Vergleich zum Meer bringt es mit sich, daß die Wege des Landverkehrs im ganzen kürzer sein müssen als die des Seeverkehrs; und da das Land in Gestalt großer oder kleiner Inseln durch die fünf Siebenteile Wasser unserer Erdoberfläche zerstreut ist, stößt der Landverkehr immer wieder auf das Meer. Das Seeschiff löst die Karawane, den Postwagen, den Eisenbahnzug ab. Die verhältnismäßig große Beschränktheit des Landverkehrs, die sich daraus ergibt, macht sich natürlich meist nur im Verkehr über weite Strecken geltend.

Nehmen wir als Beispiel eine Reise um die Welt, so kommen von der Linie London–New York–San Francisco–Peking–Moskau–London rund 165 Längengrade auf Land, 195 auf Meer; wir durchfahren 80 Längengrade auf dem Atlantischen, 115 auf dem Stillen Ozean, 45 in Nordamerika, 120 in Eurasien, in Zeit ausgedrückt: 7 Tage durch den Atlantischen und 21 durch den Stillen Ozean, 5 Tage durch Nordamerika, 20 durch Eurasien. Die Reise durch Eurasien wird in den nächsten Jahren durch die Verbesserung der Sibirischen Eisenbahn immer kürzer werden, und da auch der Verkehr durch den Stillen Ozean Beschleunigungen erfahren wird, kann man annehmen, daß man einst die Reise um die Welt in 40 Tagen machen wird, davon 20 zu Meer, 20 zu Land.

Die Verkehrsmittel und Verkehrsgüter.

Aller Verkehr muß durch Kräfte bewirkt werden, welche Wege an der Erdoberfläche zurücklegen. Träger dieser Kräfte sind Menschen, Tiere, das fließende Wasser, die Gezeiten, der Wind und zahlreiche künstliche Vorrichtungen, welche Luft, Wasserdampf und Dämpfe von anderen Stoffen oder Elektrizität für den Verkehr nutzbar machen. Man nennt diese alle Verkehrsmittel. Zunächst sind die Menschen selbst als Träger des Verkehrs sehr verschieden voneinander. Groß ist die Verschiedenheit der Anlage der Völker für den Verkehr. Solange es eine Geschichte gibt, sehen wir Völker, welche Träger des Verkehrs sind, und Völker, die sich passiv verhalten. Es gibt Völker, die inmitten der größten Schätze, die der Boden der Erde umschließt, gelebt haben, ohne jemals einen Gebrauch davon zu machen. Man kann die Völker in verkehrhindernde und passive und in verkehrfördernde teilen; unter den letzteren haben z. B. in Deutsch-Ostafrika die Inder als Großkaufleute an der Küste, die Araber als Karawanenführer und Kaufleute im Inneren, die Suaheli, die ihnen nachahmen, auch als Träger, die Wanyamwesi als Träger und Kaufleute im Inneren ihre besonderen Funktionen. In Afrika, wo viele und kräftige Menschen sind, die dem tropischen Sonnenbrand widerstehen, konnte so lange der Verkehr durch Karawanen von Trägern besorgt werden, welche die Lasten auf dem Kopf tragen; auch Japan hatte in voreuropäischer Zeit hauptsächlich Träger- und Flußverkehr (s. die Abbildung, S. 639). Die Verwendung des Schubkarrens zum Menschentransport in Ostasien ist eine spätere Erfindung (s. die Abbildung, S. 641). Im hohen Norden ziehen der Hund und das Renntier den Schlitten, in den Wüsten Asiens und Afrikas trägt das Kamel Lasten, in den Hochländern Südamerikas das Lama: das sind Tiere als Verkehrsmittel, die so sehr an die Lebensbedingungen ihrer Länder angepaßt sind, daß wir uns den Tungusen Sibiriens nicht ohne seine Schlittenhunde, den Kirgisen oder Wüstenaraber nicht ohne seine Kamele denken können. Wo

uns die Geographie große Ströme nachweist, da ist auch fast überall großer Schiffsverkehr. Ein Meer mit starken Gezeiten, wie die Nordsee, begünstigt den Verkehr durch Flut und Ebbe, z. B. in den Mündungen der Elbe und Weser, wogegen einem Meer mit schwachen Gezeiten, wie Ostsee und Mittelmeer, dieses Verkehrsmittel fehlt. Daß der nordatlantische Ozean so stürmisch ist, erschwert den Verkehr zwischen Nordwesteuropa und Nordostamerika, während umgekehrt in subtropischen und tropischen Meeren die regelmäßigen Winde den Verkehr begünstigen. Selbst bis in den Bau der Verkehrsmaschinen erstreckt sich dieser geographische Einfluß, denn eisenreiche Länder wie England und Deutschland können leichter und billiger Lokomotiven und eiserne Dampfschiffe bauen als eisenarme, wie Italien oder Griechenland.

Ein japanischer Bote. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 638.

Wenn wir zum dritten prüfen, was geographisch an dem ist, was der Verkehr verfrachtet und transportiert, an den Verkehrsgütern oder -lasten, so sind auch diese zum größten Teil an bestimmte Orte und Länder gebunden, aus denen sie nach anderen gebracht werden. Betrachten wir einmal die Menschen als Objekt des Verkehrs. Nur Länder mit Menschenüberfluß haben viele von ihren Bewohnern nach anderen Ländern zu bringen, wo noch kein Menschenüberfluß ist. Aus deutschen Häfen, besonders Hamburg und Bremen, wurden 1871 bis 1899: 4,2 Millionen Auswanderer befördert, meist nach Nordamerika, und ein bedeutender Teil der Reederei von Hamburg und Bremen ist durch diese Menschenfrachten erst groß geworden. Daß die französische Reederei klein ist, hängt auch davon ab, daß Frankreich keinen Menschenüberfluß, also auch nur eine ganz geringe Auswanderung hat. Über den Warenverkehr s. unten, S. 662 u. f.

Die Menschheit und der Erdraum.

Wenn in der Entwickelung der Menschheit der Trieb nach Raumumfassung einer der stärksten geschichtlichen Kräfte ist, und wenn wir die Fähigkeit, Raum zu bewältigen und festzuhalten, in der ganzen Vorgeschichte und Geschichte der heutigen Völker immer weiter sich

ausbilden sehen, wiederholt sich nur, was sich im Pflanzen- und Tierreich schon Tausende von Malen vollzogen hatte. Die Raumfrage, welche wir als die wichtigste in der Lebensentwickelung kennen gelernt haben, macht keineswegs Halt vor dem Abschnitt der Geschichte des Lebens der Erde, der überschrieben ist „Der Mensch". Wohnraum und Nahrungsraum, Gewinnung und Festhaltung, Absterben auf engem, Verjüngung auf weitem Raume, das sind Grundmotive der Biogeographie und zugleich der Völkergeschichte. Die allgemeinsten räumlichen Bedingungen der Völkerentwickelung sind, wie für alles Leben des Landes, in den Zahlen 84 Millionen qkm für die Alte Welt, 38 Millionen für die Neue, 9 Millionen für Australien ausgesprochen. Inwieweit als Wander-, Verkehrs- und Wirtschaftsgebiet das Meer und überhaupt das Wasser für den Menschen in Betracht kommt, haben wir in den Abschnitten betrachtet, die vom Leben des Wassers und besonders des Meeres handeln (vgl. oben, S. 35 und 289 f.). Also nur ein Teil der Erde kann im engeren Sinne Wohnstätte des Menschen sein. Die klimatischen Verhältnisse schließen andere aus, so daß zuletzt die Ökumene übrigbleibt, die etwa 450 Millionen qkm als bewohntes und durchwandertes Gebiet umschließt; es bleiben also 40 Millionen qkm der bekannten Erdoberfläche außerhalb derselben. Dieser Raum war sicherlich nicht immer gleich groß. Klimaänderungen, wie sie nachweislich in größerem Betrage auch seit der Anwesenheit des Menschen auf der Erde eingetreten sind, mußten ihn erweitern oder verengern. Für den letzteren Fall bietet die Geschichte Mitteleuropas ein Beispiel, wo Reste des diluvialen Menschen nur südlich vom Rande des Inlandeises gefunden worden sind, das einst ganz Nordeuropa und einen großen Teil von Mitteleuropa bedeckte. Unzweifelhaft sind große Landstücke ins Meer gesunken, seitdem der Mensch auf der Erde weilt, so z. B. der nördliche Teil des Pontus, des Ägäischen und Adriatischen Meeres, die alte Landbrücke zwischen Asien und Amerika im Beringsmeer. Neue Wohngebiete wurden anderseits durch die Kunst und Kraft des Menschen dem Meere abgerungen, in den Niederlanden allein seit dem 15. Jahrhundert gegen 3000 qkm, und werden ununterbrochen durch Küsten- und Flußbauten, Ent- und Bewässerungen weiter gewonnen.

Der Mensch ist zu seiner Ausbreitung über diesen Raum von kleinen Anfängen her gediehen, dem Gesetz der wachsenden Räume entsprechend, das seine ganze Verbreitungsgeschichte, seine Wirtschafts- und Staatsgebiete beherrscht. Von allen Eigenschaften der primitiven Horde ist die Kleinheit am sichersten zu beweisen, denn sie sehen wir noch heute vor unseren Augen in den Horden von wenigen hundert Köpfen, in welche die Völker Nord- und Südamerikas, Australiens und mancher Teile Asiens und Afrikas zerfallen, die entsprechend enge Räume bewohnen und bebauen. Früher ließ man sich zu leicht von den Übertreibungen der europäischen Reisenden zu der Ansicht verleiten, daß in den Kriegen die Eingeborenen mit Armeen aufträten; aber die großen Kriegerzahlen der Rothäute lebten nur in der Angst ihrer Feinde. Aus dieser Übertreibung spannen sich dann andere heraus, besonders die täuschende Vorstellung von einer staatlichen Ordnung und Leitung, die der unseren zu vergleichen wäre. Auf dem Boden zeichnet sich dieser Zustand in Wirklichkeit folgendermaßen ab: in großen Zwischenräumen kleine Gruppen von Menschen, die, wenn nicht durch einen der sehr häufigen Kriege getrennt, durch schmale, leicht verwischte Pfade miteinander verbunden sind. Die Größe ihrer Gebiete steht noch unter der europäischer Kleinstaaten; die meisten Negerstaaten Afrikas, von denen die Reisenden uns berichteten, reichten kaum über eine Dorfgemarkung hinaus, und ein Großstaat der Sandeh, wie Junker ihn beschrieben hat, überschritt nicht ein Dritteil des Großherzogtums Baden. Auch die alten Kelten, Germanen und Slawen, Illyrier, Iberer haben alle keine großen Staaten gegründet, ehe Rom ihnen seine Macht gezeigt und sie gelehrt hatte.

Wenn ein Land groß werden soll, muß es sich an anderen Ländern aufrichten, in Kampf und Tausch mit und an ihnen heranwachsen. Solche förderliche Nachbarn fehlten in Alteuropa. Die Reiche aber, die man als die „Weltreiche“ der Alten Geschichte zu bezeichnen pflegt: Babylonien, Assyrien, Persien, Ägypten, waren alle nur mäßig groß, verglichen mit den großen Reichen der Gegenwart. Assyriens und Babyloniens bewohnte Flächen sind nicht über 130,000, Ägyptens bewohntes Land nur 30,000, mit den Wüstengebieten 400,000 qkm groß. Assyriens größte, aber ebenso kurzlebige Ausbreitung hat nur etwa die dreifache Größe Deutschlands erreicht, das Römische Reich nach dem Tode des Augustus umfaßte 3,3 Millionen qkm, im 3. Jahrhundert n. Chr. 5,3, das Persische im 5. Jahrhundert v. Chr. 7 Millionen, das Reich der Mongolen im 13. Jahrhundert 11 Millionen, das Russische Reich hat heute 23, das Britische 31 Millionen qkm.

Schubkarren als Beförderungsmittel in China. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 638.

Wie es zu allen Zeiten groß- und kleinräumige Staaten gab, zählen wir auch heute neben Weltreichen, wie sie vorher nie dagewesen waren, Kleinstaaten, deren Geringfügigkeit uns an die ältesten Zeiten der Staatenbildung erinnert. Entweder sind es nur historische Trümmer, die ein günstiges Geschick in schützender Lage erhalten hat, wie Monaco (21,6 qkm), San Marino (59), Liechtenstein (159), oder Glieder eines größeren Ganzen, das sie schützend umhüllt: Bremen mit 256, Lübeck mit 298, Hamburg mit 414 qkm. Diese drei Städte, die einzigen Reste von einer großen Zahl freier Städte, die es einst in allen Ländern gab, bieten zugleich schöne Beispiele der Stadtstaaten, die im Altertum und Mittelalter als politische und kulturliche Größen führenden Ranges, Weltstädte, Staaten und Reichszentren, wie Athen, Karthago, Venedig, mächtig in der Geschichte hervortreten. Nur wirtschaftliche Größe haben sie sich in einer Zeit bewahrt, wo politische Kraft allein auf breitem Boden fest ruht.

Während die kleinen Staaten in der Regel stark bevölkert sind, weisen die größten Reiche eine verhältnismäßig nur schwache Bevölkerung auf. Bei so großen Räumen so wenig Volk, das bedeutet eine gewaltige Wachstumskraft. Diese Länder von 1 Million qkm und mehr mit nur einigen Millionen Einwohnern sind Großmächte der Zukunft. Manche von ihnen werden

einst 100 Millionen Menschen ernähren. Die Weite ihrer Räume verleiht ihren Bewohnern im Gegensatz zu den Inselbewohnern (s. Band I, S. 356) etwas Weitausgreifendes im Planen und Wagen, das einstweilen manchmal ihre Minderzahl aufwiegen hilft.

Die Größe der politischen Räume ist in jedem Teil der Erde von der äußeren Form, der Bodengestalt und der durch beide bedingten Bewässerung abhängig. Vorzüglich wirksam ist in dieser Beziehung die große Landausbreitung im Norden der Nordhalbkugel, die in Europa, Asien und Nordamerika Raum für die größten Staaten gab. Die zwei Staaten von kontinentaler Größe auf der Südhalbkugel verhalten sich dem Flächenraum nach zu denen der Nordhalbkugel wie 2 : 7. In Asien wie in Europa kehrt ein entsprechender Unterschied in den kleineren Reichen der gegliederten Süd- und Westseite und den großen der massigen Nord- und Ostseite wieder. Auch mit der Zahl ihrer Staaten stehen die Nordkontinente den Südkontinenten überwältigend gegenüber. Wenn wir Afrika auslassen, dessen politische Organisation noch nicht vollendet ist, so bleiben immer die Staaten der Norderdteile mindestens doppelt so zahlreich als die der Süderdteile. Darin liegt nicht bloß die Hebung der politischen Macht der Nordhalbkugel, sondern auch die Steigerung des vorwärtstreibenden Wettbewerbs der Staaten und Völker.

Die geschichtliche Bewegung ist in sehr vielen Fällen der Anlaß zur Ausbildung neuer Völkereigenschaften. Neue Lebensbedingungen, weiter Raum, auch Mischung tragen dazu bei. Die Deutschen der weiten Kolonialländer östlich von der Saale und vom Inn sind verschieden von denen, die auf altem, engem Boden sitzen blieben; die Engländer sind etwas ganz anderes als die Angeln und Sachsen, die Brasilianer sind keine Portugiesen, die Polynesier keine Malayen mehr. Aber die Entfernung kann auch schützend wirken. Es kommt gar nicht selten vor, daß ein Volk in Sprache und Sitten das Ererbte fester zusammenhält als die daheim in engeren Beziehungen zu einer größeren Gemeinschaft Verbliebenen. Die Sachsen Siebenbürgens, die Pfälzer Pennsylvaniens, die Engländer Neuenglands sprechen altertümlichere Dialekte als ihre Muttervölker; das Altnordische Islands braucht nur erwähnt zu werden. Es verstärkt also die Thatsache, daß die Bakairi am Schingú (vgl. die Abbildung, S. 624) weder Metalle, noch vergiftete Waffen oder alkoholische Getränke, noch Hunde, noch Bananen haben, keineswegs den Beweis für ihre Stellung am Ursprung der Karaiben; sie können mit alledem ein abgeirrter Zweig sein.

Die Abzweigung neuer Lebensformen ist auch im Völkerleben nur in weitem und mannigfaltig gestaltetem Raume möglich; ein solcher allein bietet die für die Sonderentwickelung nötigen Entfernungen und die für die Differenzierung nötigen Form- und Lageunterschiede. In einzelnen Gebirgen, Flußgebieten u. dgl., wo man gern Paradiese und Völkerwiegen hinverlegte, konnte die Bildung, Abzweigung und Wanderung der Völker nicht verstanden werden. Daß man den Hindukusch, Bolor Dagh und andere unmögliche Gebirge aufgab, um dafür die Steppen von Turan mit ihrer grenzlosen Verlängerung nach Mitteleuropa einzutauschen, bedeutete einen der größten Fortschritte in der Erkenntnis des Ursprungs der Arier. Cuno mag sehr unrichtige Vorstellungen von der Entwickelung der Völker gehabt haben, sicher war es eine ganz triftige Forderung: ein zahlreiches Urvolk auf weitem Raum; und er griff instinktiv nach einer günstigen Lage, indem er den ganzen Raum zwischen 60 und 45° nördl. Breite und zwischen Ural und Atlantischem Ozean als Wiege der Indogermanen beanspruchte. Spiegel hat denselben Raum gewählt und ließ noch über denselben hinaus „das indogermanische Urvolk“ sich ausbreiten, wobei die Vermischung mit anderen Völkern und der geringe Verkehr, namentlich mit den entfernter wohnenden Sprachzweigen, immer neue Zweige von dem alten Stamme sich ablösen ließen. Im Vergleich damit sind so manche spätere Hypothesen, wie Poesches Verlegung

BEVÖLKERUNGSDICHTIGKEIT DER ERDE.

Äquatorialmaßstab 1 : 150 000 000

Bewohner auf dem □Kilometer:

- unbewohnt
- 0,0 - 0,1
- 0,1 - 1
- 1 - 5 } Nur im Karton der Ver. Staaten
- 5 - 10 } Nur im Karton der Ver. Staaten
- 1 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 100
- 100 - 150 } Nur im Karton von Südost-Asien
- 150 - 200 } Nur im Karton von Südost-Asien
- 100-200
- über 200

Bevölkerungs[...] vo[...] SÜDOST[...]
Dreifacher Maß[...]

Bevölkerungsdichtigkeit der VEREINIGTEN STAATEN.

Dreifacher Maßstab d. Hauptk.

0 200 400 600 800 Kilometer

Indianer Reserv.

v. Greenw. 20 40 60 80 100 120 140 160

Kola
Archangelsk
Perm
Moskau
Wolga
Orenburg
Kirgisen Steppe
Kaukasus
Tiflis
Smyrna
Kairo
Bagdad
Teheran
Herat
Kandahar
Libysche Wüste
Mekka
Roba el Chali
Maskat
Chartum
Faschoda
Aden
Sokotra
Lado
Kamerun
Kilima Ndjaro
Tabora
Sansibar
Seychellen
Comoren
Antananarivo
Mauritius
Réunion
Kalahari W.
Pretoria
Durban
Kapstadt
Tobolsk
Tomsk
Jenissei
Turuchansk
Semipalatinsk
Altai
Balkasch-S.
Tjen-schan
Irkutsk
Baikal-S.
Urga
Wüste Gobi
Jakutsk
Lena
Ochotsk
Nord Polarkreis
Nikolajewsk
Petropawlowsk
Kurilen
Blagowj.
Wlad.
Hakodate
Tokio
Peking
Söul
Nanking
Kanton
Formosa
Hai nan
Luzon
Manila
Palawan
Mindanao
Palau Ir.
Marianen
Karolinen
Marshall-In.
Gilbert In.
Aquator
Bismarck-A.
N. Mecklenbg.
N. Pom.
Salomon-In.
N. Hebriden
Viti-In.
N. Kaled.
Loyalty In.
Tarim
Kwen-lün
Lhasa
Himalaya
Delhi
Ganges
Calcutta
Bombay
Madras
Lakkadiven
Malediven
Ceylon
Rangun
Mandale
Jün-nan
Bangkok
Atschin
Singap.
Sarawak
Padang
Batavia
Java
Timor
Ceram
Djilolo
Tschagos In.
Keeling In.
Victoria Wüste
Eyre-S.
Perth
Adelaide
Melbourne
Sydney
Brisbane
Tasmania
Auckland
Dunedin

tigkeit
IEN.
Hptk.

Wüste Gobi
Pamir
Takla-Makan Wüste
Lob-nor
Su-tscheu
Hoangho
Peking
Tientsin
Söul
Gensan
Fusan
Tokio
Kioto
Shikoku
Kiushiu
Nagasaki
Karakorum
Kwen-lün-S.
Kuku-nor
Ning-hia
Lan-tschen
Singan
Tsi-nan
Tibetan. Hochland
Lhasa
Himalaya
Srinagar
Amritsar
Multan
Ind. Wüste
Delhi
Agra
Lakhnau
Benares
Patna
Allahabad
Ahmadabad
Baroda
Ganges
Brahmaputra
Calcutta
Nagpur
Aurangabad
Haidarabad
Katak
Masulipatam
Madras
Mysore
Nagapatam
Madura
Ceylon
Tsiamdo
Batang
Sadiya
Manipur
Bamo
Mandale
Tschittagong
Prome
Rangun
Maulmein
Salwen
Iráwadi
Andamanen
Bang-kok
Pnom-Penh
Bassak
Mekong
Hué
Kiang-hung
Hanoi
Jün-nan
Li-kiang
Kwei-jang
Sui-tscheu
Tschang-scha
Wu-tschang
Nanking
Schang-hai
Hang-tscheu
Wen-tscheu
Fu-tscheu
Amoy
Tai-wan
Formosa
Liu-kiu Inseln
Kwei-lin
Si-kiang
Kanton
Hong-kong
Pakhoi
Kung-tscheu
Hai-nan
Luzon
Lingayen
Manila
Mindoro
Samar
Leyte
Panay
Negros
Palauan
Mindanao
Binh-tuan

der Urheimat der Arier in die Rokitnosümpfe, Tomascheks Heimat der meisten Arier südlich von den an der mittleren Wolga sitzenden Mordwinen, unverkennbare Rückschritte ins Ungeographische und Unwahrscheinliche. Aus so engem Gebiet konnte ein einziger Völkerzweig entspringen, aber ein ganzer Sprachstamm brauchte andere Räume, um sich zu entfalten.

Die Volksdichte.

(Vgl. die beigeheftete Kartenbeilage „Bevölkerungsdichtigkeit der Erde".)

Alle Völker und Stämme wohnen in kleinen oder großen Gruppen, die durch leere Räume voneinander getrennt sind. Auch höhere Tiere wohnen und wandern in Herden; doch die Verdichtung über weite Flächen fruchtbaren Landes, ganz besonders aber die große Intensität der Bewohnung, wie wir sie in großen Städten finden, ist spezifisch menschlich. Im Leben der Tiere lassen sich höchstens die mit der Brutpflege eintretenden Zusammendrängungen der Robben und mancher Seevögel, welche „Vogelberge" dicht bevölkern, damit vergleichen, die aber doch ganz vorübergehend sind. Der Ausdruck dieser Verbreitungsart ist die fleckenweise Verteilung der Wohnsitze der Menschen über die Erde, die uns jede Siedelungskarte zeigt. Nicht zufällig wohnen die Menschen in Städten, Dörfern, Weilern, Kralen und Hüttengruppen jeder Art, sondern weil solches Wohnen ihrem Gesellungstrieb entspricht. Aber je höher die Kultur steigt, desto näher rücken diese Wohngruppen zu einander, verbinden sich durch immer zahlreichere Wege, vereinigen sich mitsamt ihren Zwischengebieten politisch, und einige verschmelzen miteinander zu größeren Siedelungen.

Überblicken wir die Kulturzustände, die bunt über die Erde hin zerstreut zu sein scheinen, so ordnen sie sich ganz von selbst stufenweise übereinander, wenn wir die Volksdichte betrachten, die jedem von ihnen zukommt. An den Grenzen der Menschheit verdünnt sich überall die Bevölkerung in Gebieten, die den Menschen ein ärmliches, vielgefährdetes Leben aufzwingen. Da wohnen in den arktischen Ländern, in Feuerland, in den Wüsten nur rand- oder oasenweise kleine Völkchen, so daß für weite Gebiete nur ein Mensch auf einige tausend Quadratkilometer kommt. Grönland ist über 2 Millionen qkm groß und hat 10,500 Bewohner; aber auch wenn wir allein die 88,000 gletscherlosen Quadratkilometer nehmen, wohnt doch dort auf 10 qkm ein einziger Mensch. Feuerland zeigt in dem westlichen Teile, dem chilenischen Territorium Magallanes, nur einen Menschen auf 40 qkm. Das wüsten- und steppenhafte Deutsch-Südwestafrika hat einen Menschen auf 5 qkm. Jägervölker wohnen in der Regel nicht dichter als 1 auf 2 qkm. Hirtennomaden überschreiten selten das Verhältnis von 1—2 auf 1 qkm. Sobald aber der Ackerbau hinzukommt, verdichten sich die Bevölkerungen, wobei auf Küsten und Inseln Fischerei die Nahrung vermehrt und die Bevölkerung verdichtet; auch Gewerbe und Handel gesellen sich nun hinzu, und wir finden bei den fleißigen und geschickten Malayen 2—11 und in dem fruchtbaren, unter europäischer Leitung hochentwickelten Java sogar 195 auf 1 qkm. Damit haben wir schon eine Volksdichte erreicht, wie sie in ähnlich ausgestatteten Teilen Indiens und Chinas vorkommt, wo der sorgsamste Landbau sich mit dem genügsamsten Leben in einer freigebigen Natur verbinden. Ähnliche Volksdichten treffen wir dann wieder in den gemäßigten Zonen der Erde, wo die Industrie und der Verkehr in allen Formen, gestützt auf die Kohlen- und Eisenlagerstätten, die Verdichtung bewirkt, die 475 im preußischen Regierungsbezirk Düsseldorf, 397 in der belgischen Provinz Brabant, 382 in der sächsischen Amtshauptmannschaft Chemnitz, 215 in England erreicht.

In der Verdichtung der Bevölkerung auf einem bestimmten Boden liegt ein Heranreifen und, wenn man will, ein Altern. Das lassen besonders jene Ableger der Kulturvölker erkennen, die, Kolonien gründend, sich über weite volksarme Länder ausbreiteten; solange diese Völker noch kleine, weit zerstreute Gruppen bilden, berühren sie sich enger mit der Natur als miteinander, haben keine großen Städte, vermögen sich frei über weite Räume auszubreiten, deren Hilfsquellen ihnen fast unbeschränkt zur Verfügung stehen. Obwohl sie sich rasch vermehren, bleibt ihre Lebenshaltung noch hoch; das junge Land gibt ihnen in Fülle, was sie zum Leben brauchen, besonders eigentliche Lebensmittel im Überfluß. Aber die Verfeinerung des Lebens kann erst angestrebt werden, wenn Industrie und Handel sich entwickeln; diese rufen dann örtliche Verdichtungen und Städtebildungen hervor, in denen sich mit der Zeit unvermeidlich die Übel herangealterter Gesellschaften zeigen, die aus dem Raummangel entspringen. Daher erhält alles, was die Besiedelung verlangsamt, einen Staat jung, indem es seinem Volke Gebiete zur Ausbreitung und Erneuerung offen läßt. Die Mittelmeerländer waren ihrer ganzen Natur nach rascher besiedelt, rascher gealtert als die feuchten, sumpf- und flußreichen Nordgebiete. Und in diesen wieder blieben im Osten jugendlichere Zustände erhalten, als der Westen schon geschichtlich gealtert war. Daher rührt auch das Wachstum neuer Staaten, wie Österreichs und Preußens in östlicher Richtung, bei beiden ein kolonisatorisches Ausbreiten mit Schwert und Pflug.

Wenn wir größere Gebiete auf ihre Volksdichte prüfen, so sehen wir außer der Kulturstellung und dem geschichtlichen Alter auch die räumliche Größe ihre Wirkung ausüben. Kleinere Gebiete sind unter gleichen Verhältnissen dichter bewohnt als große. In Europa reihen sich die Staaten nach der Volksdichte so aneinander, daß Belgien (231 auf 1 qkm), die Niederlande (157), Großbritannien und Irland (132), Italien (113) an der Spitze stehen. Deutschland (104) und Frankreich (72) schwanken um die mittlere Volksdichte Mitteleuropas (80). Schweden hat 11, nur Norwegen und Finnland (7) zeigen weniger als 10 Einwohner auf 1 qkm. Unter allen übrigen Ländern der Erde ist nur eins, Japan (111), dichter bevölkert als Deutschland; aber viele einzelne Teile von China und Britisch-Indien können an Volksdichte mit den bevölkertsten Gebieten Europas verglichen werden. In Afrika hat nur die kleine Insel Sansibar 82 Einwohner auf 1 qkm. In Amerika kann man das Inselgebiet Westindien (22) als verhältnismäßig dicht bewohnt bezeichnen. Auch in Australien haben nur die mikronesischen Inseln eine Dichte von 26. Und die geringe mittlere Dichte von 8 der Vereinigten Staaten von Amerika erhebt sich nur in den kleinen Neuenglandstaaten Massachusetts und Rhode Island zu 130 und 132. Dagegen sinkt die Volksdichte in großen und jungen Staaten des Westens auf 1 auf 10 qkm (Nevada). Hier erkennt man, wie gleichmäßig, damit verglichen, die Bevölkerung im alten Europa verteilt ist; auch dies ist ein Merkmal älterer Völker.

Wenn wir von den Hansestädten absehen, steht in Deutschland dem dichtestbevölkerten Bundesstaat Sachsen mit 280 Bewohnern pro qkm der dünnstbevölkerte, Mecklenburg-Strelitz, mit 35 gegenüber und unter den Provinzen Preußens der Rheinprovinz mit 213 Ostpreußen mit 54. Unter Deutschlands größeren Nachbarn steht Frankreich ihm am nächsten durch die Gleichmäßigkeit seiner Volksverteilung über fast alle Teile des Landes. Nur die Basses Alpes mit 17 sind ein so dünnbevölkertes Gebiet, wie Deutschland keines aufzuweisen hat, während die dichtbevölkerten Industriegebiete Nord und Rhone mit 314 und 293 sich ganz an Deutschlands Industrieprovinzen anschließen. Ebenso ist Österreich Deutschland nahe verwandt, hat aber in Salzburg mit der Volksdichte 27 ein großes, dünnbevölkertes Gebiet für sich. Auch die Schweiz stellt sich in den außeralpinen Kantonen Deutschland an die Seite. Graubünden hat allerdings nur 15. Ganz anders liegen aber die Verhältnisse in Rußland, wo wir im Norden und Südosten Gouvernements, wie Archangel, Olonetz, Wologda, Astrachan, Orenburg, mit 0,4, 2,2, 2,9, 3,3, 6,3 haben, während die dichtestbevölkerten Landschaften im Weichsel- und Memelgebiet immer nur die Volksdichte

Thüringens haben. Rußland zeigt also in Europa den Typus der großen außereuropäischen Länder von bedeutendem Umfang und junger Kultur.

Die außereuropäischen Erdteile sind alle dünner bevölkert als Europa, und so sind auch alle ihre größeren Staaten dünner und ungleichmäßiger bevölkert als die größeren Länder Europas. Nach ihrer durchschnittlichen Volksdichte reihen sich die Erdteile folgendermaßen: Europa 40 auf 1 qkm, Asien 20, Afrika 6, Amerika 3, Australien und ozeanische Inseln 1. Dementsprechend finden wir auch in Asien eine Anzahl von dichter bevölkerten Ländern, worunter allerdings nur zwei nach asiatischem Maßstabe groß sind: Vorderindien mit 57, China in einigen Provinzen mit mehr als 200 oder gegen 200 auf 1 qkm, Japan mit 111, Korea,

Ein Kanal in Batavia, Java. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 646.

daneben einige kleinere Gebiete, wie Cypern, die Philippinen, die Sunda-Inseln. Aber so ausgedehnte, dünnbewohnte Gebiete, wie Nord- und Zentralasien, dann Arabien und die Steppen Irans, wo großenteils nicht 1 Mensch auf 1 qkm wohnt, drücken die Volkszahl des Kontinents tief herunter. In Afrika ist die Sahara, 1/5 des Erdteiles, nur von 0,4 bewohnt. In Amerika ist Britisch-Nordamerika nur von 0,6 bewohnt, und Australien, Steppenland und junges Land, hat insgesamt nur 0,4 Bewohner auf 1 qkm.

Siedelungen. Dorf und Stadt.

Klein ist die Zahl der Völker, die weder feste noch dauernde Wohnplätze haben. Kleine Jägerstämme, die im Walde, Fischer, die an der Küste in vorübergehenden Zweig- und Laubhütten nächtigen oder auch nur in Felsritzen, im Sande, den die Sonne am Tage gewärmt hat, oder auf höheren Stufen unter Leinwanddächern wohnen, wandernde Händler, Schmiede und dergleichen, stehen noch unter den Nomaden, deren Wohnstätten zwar beweglich, aber aus

dauerhaftem Stoff gefertigt sind, die sie auf ihren Lasttieren mitführen. Außerdem bleiben die Nomaden solange an einem Ort, als ihre Herden Futter finden, und kehren gern alljährlich an dieselben Stellen zurück. Nur für einen Winter sind die sehr geschickt angelegten Schneehütten der Eskimo errichtet. Die vorwiegend aus Holz oder Rohr gebauten, mit großen Pflanzenblättern gedeckten Hütten der Völker niederen Ackerbaues in allen Tropenländern sind zwar oft zweckmäßig und mit großer Kunst aufgeführt, aber sie sind nicht dauerhaft. Nur wenige Jahre währen die mit Sorgfalt aus Stroh und Lehm aufgebauten Bienenkorbhütten der Kaffern, und auch die langen und hohen Holzhallen der Paläste von Waganda- oder Monbuttukönigen überleben nicht lange ihre Erbauer. Der Mangel an Mauern und Säulen, die von versunkener Pracht erzählen, bestimmt die Leere der historischen Landschaft dieser Völker. Daher das Überraschende der mächtigen, mit reichem Bilderschmuck beladenen Steinbauten der Halbkulturvölker in Süd- und Mittelamerika und Hinterindien. Eine Annäherung an diesen höheren Zustand zeigen die rohen Steindenkmäler vieler Völker, Erdhügel, Erdpyramiden, meist Gräber bergend, an, die Indianer, Malayo-Polynesier und manche vorgeschichtliche Völker Europas türmten.

Die geographische Lage der Siedelungen wird auf tieferen Stufen ganz vom Wunsch nach Schutz gegen Feinde bestimmt. Auf hohe Berge, auf See- und Flußinseln, Landzungen, in Sumpf, in tiefen Wald ziehen sich die Siedler mit Vorliebe zurück und zusammen. Trinkwasser in erreichbarer Nähe ist dabei unentbehrlich. In zweiter Linie kommt das wirtschaftliche Motiv zur Geltung: die Nähe des Wild und Früchte bietenden Waldes, des Fischgewässers, des Ackerfeldes. Der Verkehr siedelt später an den Ausgangs- und Endpunkten der Wege und an Wegkreuzungen sowie an den Küsten, am Heraustreten der Wege aus dem Gebirge, oder dort, wo die Straße in den Flußverkehr mündet. Die Mischung des Verkehrs- und des Schutzmotivs wirkt auf die geographische Lage vieler Verkehrsstädte im Sinne der Zurückdrängungen von den Hauptwegen auf Nebenstraßen, von der offenen See in den Hintergrund von Buchten und dergleichen. Wenn man Stettin im Hintergrunde seines Haffes liegen sieht, dessen Zugänge vom Meere gewunden und von sehr verschiedener Tiefe sind, in einer der geschütztesten Lagen, die für eine Seestadt denkbar sind, erkennt man, daß hier die beiden Motive zusammengewirkt haben.

Als Siedelungen betrachtet, sind die Pfahlbauten ein Versuch, den Schutz, den die umwallte Stadt gewährte, mit anderen Mitteln zu schaffen. Die Stadt indessen breitete sich aus, der Pfahlbau blieb notwendig vereinzelt. Aber beide gehören in dieselbe Entwickelung hinein. Im Falle der Stadt schritt diese Entwickelung durch alle Zeitalter fort und geht in der Gegenwart noch immer weiter; im Falle des Pfahlbaues hat sie nach früher Ausbreitung einen Stillstand erfahren. Die Pfahlbauten waren ein großer Fortschritt der Wohnweise in einem Waldlande, dessen Boden dichter Urwald bedeckte, der nur Lichtungen bot in der Nähe des Wassers auf lockerem Schwemmboden oder da, wo Überschwemmungen den Baumwuchs getötet hatten. Das Pfahlbauwohnen ist die höchste Steigerung der Neigung zum Wohnen an Wasserrändern, sei es des Meeres, der Flüsse oder der Seen. Es begann mit einem viel geringeren Grade von Ansässigkeit als das Städtebauen. Die ältesten Pfahlbauer sind Hirten, die alle unsere wichtigsten Haustiere außer dem Pferde besaßen und bei denen der Ackerbau nur einen kleinen Teil der Nahrungs- und Kleidungsstoffe (Flachs) liefern konnte. Die Herden, die Jagd, der Fischfang waren ergiebige Quellen. Die Vorzüge der Flußpfahlbauten der Malayen des Indischen Archipels, die man bis in die Kanalstraßen von Batavia verfolgen kann, hat sehr gut Jagor in seinem Vortrag über moderne Pfahlbauten in Asien zusammengefaßt, wo er die Erleichterung des Verkehrs durch Flüsse, welche die einzigen Straßen vieler von jenen Inseln sind, die Benutzung der Bewegungskraft des Wassers, die Sicherung der auf Pfählen stehenden Hütten gegen Stürme, welche festere Objekte umwerfen würden, den Nahrungsreichtum des Wassers, besonders in Flußmündungen, schildert und schließt: Gesellen sich zu den Vorzügen jener begünstigten Örtlichkeiten noch gewisse (Nähr-) Pflanzen, so ist ein Zustand geschaffen, welcher dem Menschen vielleicht den höchsten Grad der Behaglichkeit bei geringster Arbeit gewährt.

Des Mannes *Haus* ist der Ausdruck seines öffentlichen wie seines Familiendaseins, sagt Meitzen. Das gilt nicht bloß von dem zerstreuten Hofe des normannischen Siedlers oder von dem stolzen, einzelstehenden Langhaus des westfälischen Bauern, es gilt auch von den Negerhütten, die im viehzüchtenden Osten sich im Kreis um die Viehhürden lagern und im hackbautreibenden Tropengebiet sich zu langen Gassenzeilen aufreihen, dort kreisförmig, hier rechteckig von Umriß. Es ist aber auch der Ausdruck einer geschichtlichen Vergangenheit. Daher finden wir selbst in den engeren Gebieten mitteleuropäischer Völker Haus, Hof, Dorfanlage und Ackerflur von Gau zu Gau verschieden. Wir haben in Deutschland Einzelhöfe und stadtähnliche

Die Galerie eines Langhauses der Kayan auf Borneo. Nach W. Kükenthal.

Dörfer, Haufendörfer und Straßendörfer, Weiler und Zinken. Im einzelnen des Aufbaues, der Einteilung und des Schmuckes sind auch die einzelnen Häuserarten verschieden: das niedersächsische, das alemannische, das fränkische Haus sind wohl auseinander zu halten. Das slawische ist fast überall schlechter in der Bauart und kleiner, vielfach bloß noch Lehmhütte, aber seine Anlage in Parallelreihen längs der Straße oder im Kreise um Kirche und Markt sondert das slawische Dorf am schärfsten vom deutschen.

Die Unterschiede der *Höfe* sind ebenso groß wie diejenigen der Dörfer. Zum kleineren Teil wurzeln sie unmittelbar in Lage und Bodenverhältnissen, zum größeren reichen ihre Ursachen in die geschichtliche Vergangenheit zurück. Nur bei den Naturvölkern ist das große Männerhaus und das Clanhaus (s. die obenstehende Abbildung) oder Langhaus als ein Spiegel merkwürdiger sozialer Verhältnisse noch übriggeblieben. Noch die Römer trafen in Germanien großenteils Höfe, und die Spanier mußten die zerstreut bei ihren Maisfeldern siedelnden Indianer Mexikos zwingen, sich in Dörfer zusammenzuziehen, wo sie leichter beaufsichtigt werden konnten. Dabei ist aber sicher das niedersächsische Langhaus anderen Ursprungs als das

quadratische Haus des alemannischen oder bayrischen Einödhofes. Zu den eigentümlichsten gehört das burgartig türmende Steinhaus des Osseten. Der deutsche Bauernhof verhält sich aber wieder zum norwegischen wie die Stadt zum Dorf. Letzterem fehlt die trauliche Beziehung auf eine Einheit, das Feste und Zusammenhängende; diese regellose Zusammenwürfelung von kleinen Blockhütten mit grünen Rasendächern über das grüne Moos und Gras deutet die vielfache, zersplitterte Arbeit des auf sich selbst gestellten, den Schreiner, Schlosser und Schmied ersetzenden Nordmannes an. Reich an eigentümlichen Häusertypen sind die Malayo-Polynesier (s. die Abbildung, S. 649).

Den Gipfel der Zusammendrängung der Menschen auf engem Raum zeigen uns die Städte: große, festgebaute, in ein Netz von Verkehrswegen, dessen Mittelpunkt sie bilden, gleichsam eingesponnene, oft zum Schutze ummauerte Sammlungen von Wohnplätzen. Im allgemeinen wachsen die Städte mit der Volksdichte; so sind die dichtestbevölkerten Länder Europas auch am reichsten an großen Städten. Die Kulturstufen der Jäger, Fischer, primitiven Ackerbauer und Nomaden, welche die geringste Volksdichte haben, sind überhaupt städtelos. Nordamerika hat in der voreuropäischen Zeit überhaupt keine Stadt gehabt, ebensowenig Nordasien. Aber Nordamerika dürfte in jener Zeit auch kaum eine Million Menschen gezählt haben; heute, wo es 76 Millionen Menschen (1900) zählt, hat es in New York-Brooklyn-Hoboken u. s. w. den zweitgrößten Städtekomplex der Erde, der 1900: 3,6 Millionen zählte. England und Wales mit einer Volksdichte von 215 auf 1 qkm haben 33 Städte mit mehr als 100,000 Einwohnern, Frankreich mit einer Volksdichte von 72 hat 15 solche Städte, Deutschland mit einer Volksdichte von 104: 33. Die Zahl der großen Städte ist ein ziemlich guter Maßstab für die Größe der städtebewohnenden Bevölkerung überhaupt. Deutschlands städtische Bevölkerung war noch 1895 in der Minderheit, 1900 hat sie das Übergewicht erlangt. Die ländliche Bevölkerung hat an vielen Stellen abgenommen oder nur wenig zugenommen, die städtische ist überall gewachsen, in den unmittelbaren Städten Bayerns seit 1895 um 20 Prozent.

In der Entwickelung unserer Großstädte spiegelt sich ein gut Stück der Entwickelung des Reiches. Die 8 Großstädte des neugeborenen Reiches waren 1870: Berlin, Hamburg, Breslau, Dresden, München, Köln, Königsberg, Leipzig, also, von Berlin abgesehen, 2 westdeutsche, 2 mitteldeutsche, 2 ostdeutsche und 1 süddeutsche. 1900 standen aus dieser alten Reihe nur noch Berlin und Hamburg hintereinander, die ihr Wachstum also ziemlich gleichlinig fortgesetzt hatten, Breslau war an die 5., Dresden an die 6. Stelle gerückt, dafür stand München nun an der 3., Leipzig an der 4., Köln an der 7. Stelle, und Königsberg war an die 16. gerückt. 1900 verteilten sich die Großstädte folgendermaßen über Deutschland: Norddeutschland westlich von der Elbe hatte 18, Norddeutschland östlich von der Elbe 10, Süddeutschland 5. Zerlegen wir Norddeutschland weiter und sondern Mitteldeutschland aus, so erhalten wir 8 Großstädte für Rheinland und Westfalen, 6 für die Nordseeküste und das westliche Norddeutschland, 6 für Süddeutschland, 5 für Mitteldeutschland, 4 für die ostdeutschen Binnenlande, 4 für die Ostseeküste. Man sieht daraus, wie der Westen den Osten überflügelt hat, und wie rasch die Entwickelung des Südens fortgeschritten ist.

In den mittelmeerischen Ländern steht vielfach die Stadt als Stadtstaat am Beginn der politischen Entwickelung. So war es in Griechenland und Phönikien, daß jede Stadt ein geschlossenes Gemeinwesen bildete, so in den phönikischen und griechischen Kolonialgebieten. Jede Stadt umschloß ihr Heiligtum. Wo sie an der See lag, brauchte sie nicht in das umliegende Land hineinzugreifen, sondern lebte von Handel und Seeraub. Im Binnenlande stand sie aber natürlich in einer engeren Beziehung zu ihrer Umgebung, über die ihr ganz von selbst das politische Übergewicht zufiel, das in der zusammengefaßten politischen Energie liegt, die ein Ausdruck der allgemeinen Lebensenergie ist, wie sie sich in einer gleichdenkenden, durch gleiche Interessen und Mauern zusammengefaßten Städtebevölkerung entwickelt; lockereren Staatsorganisationen, wie Persien oder dem alten Deutschen Reich gegenüber, haben Städte weltgeschichtliche Erfolge errungen.

Auch die Städte der Menschen sind nicht bloß mechanische Zusammenhäufungen, sondern *geschichtlich gewachsene Bildungen*, welche die ethnischen Merkmale der Völker tragen, denen sie ihr Dasein verdanken. Wir unterscheiden auf deutschem Boden die mittelalterlichen Städte mit ihrer engen und winkeligen Anlage von den Gründungen der neueren Zeit, die breit, luftig, geradlinig geplant sind, und alle Städte, die in eine frühere Zeit zurückgehen, haben einen Kern von der ersten und eine Schale von der anderen Art. Die ältesten Teile gehören in Westdeutschland nicht selten der Römerzeit an, während die jüngsten, um den Bahnhof gruppierten, sich als Erzeugnisse der verkehrsreichen jüngsten Zeit bekunden. Wir nehmen aber auch Merkmale wahr, die nicht rein geschichtlich sind, sondern offenbar einer anderen *Kultur* angehören. Dazu gehören die an Italien erinnernden Häuserfronten und -anlagen Oberdeutschlands, die flandrischen und niederländischen Anklänge der niederdeutschen, der ländlich-städtische verkehrsarme Charakter polnischer, die Bazaranlagen orientalischer Städte (s. die Abbild., S. 650).

Ein Haus in Tobelo auf Celebes. Nach W. Kükenthal. Vgl. Text, S. 648.

Von dem raschen Wachstum der städtischen Bevölkerung kann natürlich auch die geographische Erscheinung der Städte nicht unberührt bleiben. Es folgt daraus eine Umgestaltung des Verhältnisses zwischen Stadt und Land, durch die gerade die scharf individualisierte Stadt berührt werden muß. Wie die alten malerischen Städtezeichen von der Karte verschwunden und durch schematische Symbole ersetzt worden sind, so hat auch der Begriff „Stadt" das Moment des Schutzes durch Wall und Graben eingebüßt und verliert sich in die *Bevölkerungsanhäufung*. Für den Geographen wie für den Politiker, den Beamten, den Statistiker wird die Stadt immer unfaßbarer, denn die Städte verlieren ihre Geschlossenheit, während die Dörfer sich städtisch gestalten. Die rascher beweglichen Romanen mit ihren städtischen Dörfern und ihren uralten, verfallenen Landstädten kennen nur noch die Kommune als politische Einheit; die Kommune Ravenna ist aber fünfmal so groß als die Stadt desselben Namens. Umgekehrt hat in allen dichtbevölkerten Industrieländern die rasche Entwickelung des Gewerbes Dörfer zu städtischer Größe anwachsen lassen, während in wirtschaftlicher Ruhe Städte zu Dörfern verkümmert sind. Vergleicht man in Preußen die statistische Sonderung in Gemeinden von mehr oder weniger als 2000 Einwohnern mit der üblichen Einteilung in Städte und Dörfer, so fällt in der Provinz Preußen die Grenze ziemlich gleich, während in Posen mehr Einwohner in Städten als in Orten von mehr als 2000 Einwohnern sich befinden und im Rheinland 60 Prozent in Gemeinden von mehr als 2000 wohnen; mit anderen Worten: es gibt in den wirtschaftlich zurückgebliebenen polnischen Landesteilen viele Städte, die eigentlich Dörfer, und im Rheinland noch viel mehr Dörfer, die eigentlich

Städte sind. In den sächsischen, schlesischen und nordböhmischen Dörfern, die sich oft stundenlang in einem Thalgrund hinziehen, sind drei Vierteile aller Einwohner gewerblich beschäftigt.

Städtebilder haben nie das trauliche Verwachsensein des Dorfes und Hofes mit seinem Boden; sie ringen sich vom Boden los, erheben sich über denselben. Ganz abstrakt topographisch angesehen, ist die Stadt eine Erhöhung des Erdbodens. Nur von den modernen Festungen steckt der größte Teil in der Erde, während die gewöhnlichen Städte sich darüber erheben und die höchsten Türme die Höhe von respektabeln Hügeln erreichen. In den modernen Großstädten,

Ein Bazar in Kairuan, Tunis. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 649.

wie Chicago und New York, hat man Häuser bis zu 20 Stock und mehr aufgetürmt. Die alten Städte erhoben sich in natürlicherer Weise über ihre Umgebung, indem sie höhere Punkte aufsuchten, von denen sie zu Schutz und Augenlust einen weiten Bereich zu überblicken vermochten. Deutschland bietet nicht soviel Beispiele wie Griechenland von alten Städten, die einst in engen Mauern auf einem Berggipfel lagen und dann langsam herabstiegen, um in die Ebene hinauszuwachsen. Aber Baden-Baden und Heidelberg sind zwei treffliche Beispiele von diesem Herabsteigen über die Stufen ihrer Berge; beide haben seit Jahrzehnten ein kräftiges Wachstum in die Ebenen der Oos und des Neckars begonnen.

Die norddeutschen Tieflandstädte sind sehr oft auf Wölbungen des Bodens oder an Hügeln hin gebaut, so daß sie aufragen wie turmreiche Inseln. Selbst Küstenstädte, wie Lübeck und Stettin, liegen so, Lübeck ganz beherrscht von seinem hochgestellten dunkelbraunen Dom und überhaupt von den Bauten

Benares am Ganges.

Nach Photographie.

um seinen Marktplatz, der die höchste Stelle der Stadt einnimmt. Viele Städtebilder gewinnen ungemein durch den Gegensatz ihrer Auftürmung zum Meer, wie Marseille oder Triest, zum Fluß (s. die beigeheftete Tafel „Benares am Ganges") oder zum flachen Tiefland ringsumher. Merseburg, Meißen, Marienburg schauen von ihren dom- und schloßgekrönten Hügeln viele Meilen in die Runde frei hinaus.

Die historischen Landschaften.

Ein Volk, das auf demselben Boden Jahrtausende hindurch lebt und arbeitet, gestaltet diesen Boden um, verleiht ihm ein anderes Gesicht. Schon die Zahl der Menschen verändert die Landschaft. Ein menschenleeres Land ist einförmiger als ein bevölkertes, ihm fehlen die Wohnstätten, Siedelungen, Wege, Felder, Lichtungen. Die Kulturentwickelung verändert den

Der Sueskanal. Nach Photographie.

Boden viel mehr durch Besetzung mit Menschen als durch Wandlungen in seinen natürlichen Eigenschaften. Nicht bloß wo er siedelt, auch wo er steht und geht, weidet und ackert, verändert der Mensch den Boden einfach schon durch seine Gegenwart, als „Staffage". Die Bewässerungskanäle, die Bergwerkshalden, die Hochöfen bezeugen in der Landschaft seine Arbeit und verkünden zugleich, wie eng seine Verbindung mit dem Boden geworden ist. Schwach sind nach der Natur der Sache die Umgestaltungen der festen Erde; auch Kanäle wie der Nordostsee- und Sueskanal (s. die obenstehende Abbildung) verändern nur auf kurze Strecken und in engen Räumen die Naturlandschaft. Die Beispiele von künstlich landfest gemachten Inseln sind selten. Gebirge sind zu massig, als daß sie abgetragen oder aufgeschüttet werden könnten; der Verkehr schließt sich nur an ihre natürlichen Einschnitte an, indem er Pässe einschneidet oder Thäler für den Straßenzug verbreitert.

Viel mächtiger wirkt die Arbeit des Menschen auf die Hydrographie und die Pflanzendecke ein. Seine Umgestaltung der Quellen und Wasserläufe haben wir kennen gelernt (vgl. oben, S. 35, 59 u. f.). Sein Kampf mit der natürlichen Pflanzendecke ist aber der folgenreichste von allen.

Wir sehen schon das Altertum mit der Wegräumung der Wälder beginnen, die in den Ländern der alten Kultur längst einen bedenklichen Grad erreicht hat; sie hat die einst undurchdringlichen Waldgebiete den großen Völkerbewegungen zugänglich gemacht. Die Peruaner, auf machtlose Steinbeile angewiesen, haben dem fruchtbaren Waldgebiete der Ost-Anden niemals beträchtlichen Raum abgewinnen können, und ihre Bevölkerung war bis zum Zusammenbruch ihres Reiches auf dieser Seite vom Walde gerade so eingedämmt, wie auf der Westseite vom Meer. Auch die weißen Ansiedler in Nordamerika sind anderthalb Jahrhundert mehr durch den Wald als durch das Gebirge der Alleghanies am Fortschritt nach Westen gehemmt worden; aber als ihre Masse einmal überzuschwellen begann, lichteten ihre Stahläxte rasch den Wald und machten immer breitere Bahnen. So wie der Wald mußten Strauch und Röhricht dem Anspruch auf weiten Raum und freie Bahn weichen. Auch die Tierwelt wurde bei diesem Kampfe gegen den natürlichen Pflanzenwuchs in Mitleidenschaft gezogen, verscheucht, dezimiert.

In der darauf folgenden einseitigen Nutzung des Bodens verlor dieser viel von seiner jungfräulichen Fruchtbarkeit und ist in manchen alten Kulturländern unergiebig geworden, so daß wir den Ackerbau in Griechenland, Italien, Sizilien, Nordafrika an Leistung weit hinter dem des Altertums zurückbleiben sehen. So liegt überhaupt in der fortschreitenden Umgestaltung der Länder durch ihre Völker eine große Ursache der Verschiedenheiten der Geschichte desselben Landes in verschiedenen Perioden: ein späteres Geschlecht kann auf demselben Boden nie die Geschichte des vorangegangenen leben; man denke an das Babylonien der semitischen Einwanderung und der heutigen türkisch-arabischen Herrschaft oder an das Nordamerika zur Zeit der Entdeckung und das Nordamerika von heute. Indem dieser Gang mit der Wegnahme von Vorteilen und einer Anzahl von Zerstörungen verbunden ist, hat der Späterkommende immer einen weniger günstigen Naturboden als der Vorhergegangene, wodurch die Vorteile seines Kulturstandes zum Teil aufgewogen werden. Allerdings sind diese Vorteile in manchen Beziehungen unvergleichlich, besonders da, wo durch Entsumpfungen und Entwässerungen Herde von hinraffenden Krankheiten vernichtet worden sind. In die Vorstellung von jungen und alten Völkern gehört auch dieser Unterschied des allmählich sich umgestaltenden Bodens mit hinein.

C. Die Kultur.

Inhalt: Kulturstufen. — Die Ackerbauer. — Der Nomadismus. — Gewerbe und Handel. — Die Sprachgebiete. — Die geistigen Kulturkräfte.

Kulturstufen.

Kultur führt auf die Bebauung des Bodens zurück, Zivilisation bedeutet eigentlich „zum Bürger machen". Dort ist ein wirtschaftlicher und hier ein politischer Vorgang angezeigt. Der unstet wandernde Mensch legt, indem er sich an den Boden bindet, den Grundstein zu einem festen Kulturbau, zu dessen Befestigung nichts so sehr beiträgt wie die Verbreiterung seiner politischen Grundlage durch die Heranziehung der Nachbarn zum Bürgertum des Kulturstaates. Wenn wir also Kultur und Zivilisation als gleichbedeutende Worte gebrauchen, so erkennen wir damit die Zusammengehörigkeit eines wirtschaftlichen und eines politischen Elementes in der Kultur an. Aber in dem heutigen Sinne der Worte Kultur und Zivilisation liegt noch ein drittes Element, ein geistiges, das wie eine Blume zwischen beiden und im Schutz der beiden herangewachsen ist: das ist der Schatz von Gedanken und Bildern, seit unzählbaren Geschlechtern im Bewußtsein der Menschen angesammelt, zu dem alle Kulturvölker ununterbrochen ihre Beiträge liefern.

Der Ackerbau, diese Schatzgräberei, die mit dem Opfer des Schweißes die Güter der fruchtbaren Erde hebt, muß allem anderen Gedeihen vorausgehen. Das Leben muß gesichert, die Existenz befestigt sein, ehe der Aufbau der Kultur sich hoch darüber erheben kann. Je mehr die Bodenkultur Früchte bringt, um so mehr Güter können von außen her eingetauscht werden, um so mehr belebt sich der Verkehr. Mit dem Verkehr wandern aber auch Erfindungen, Ideen, welche die Gewerbe und Künste befruchten, von Volk zu Volk. So breitet sich aus und erhöht sich der ganze Komplex der materiellen Kultur, die das feste Gerüst bildet für das Aufstreben der geistigen Kultur. Die große Menschenzahl, die sich in Städten und Dörfern drängt, der Überfluß der Güter, der lebhafte Verkehr, der Friede, den die Menschen zu ihrer friedlich sich beschränkenden Arbeit brauchen, alles das gehört zum Nährboden der höheren Kultur. Wo die Menschen zahlreich sind und viele Güter erzeugen, wo sie in regem Austausch stehen und sich den Frieden wahren, da können sich große und reiche Staaten bilden, und da können sich endlich auch die Triebe zum Forschen und Gestalten, die in des Menschen Geist und Herz gelegt sind, freier zu Blüten entfalten, die immer heller über die Welt hinleuchten.

Es ist eines der Merkmale der Gegenwart, daß diese höhere Kultur sich so weit ausgebreitet hat, daß nur noch enge, abgelegene oder unfruchtbare Räume von Völkern eingenommen werden, die auf die freiwilligen Gaben der Natur in Wald und Feld, aus dem Pflanzen- und Tierreich angewiesen sind. Nur diese Völker, die man heute hauptsächlich in den Steppen und Wüsten Australiens und Südafrikas, in dem rauhen Archipel von Feuerland und auf einzelnen Eilanden des Stillen Ozeans findet, verdienen den Namen Naturvölker. Die freiwillig gebotenen Gaben der Natur mögen manchmal sehr reich sein, so daß die Fischervölker des nordwestlichen Amerika im Überfluß leben, so wie einst die Indianer der Prärien, als es noch Büffelherden von unzählbaren Tausenden gab, aber sie sind immer unsicher: die Fische können eine Uferstrecke meiden, wo man sie erwartet, die Büffel können andere Weideplätze suchen. Das Leben dieser Völker ist daher von unberechenbaren Zufällen abhängig, Hunger und Not stehen stets vor der Thür, Mangel wechselt mit Überfluß. Außerdem läßt diese Abhängigkeit von den freiwilligen Gaben der Natur die Völker nie zur Ruhe kommen, sie wandern ihrer Nahrung nach, woraus Unstetigkeit, weite Zerstreuung, Zersplitterung in kleine Horden folgen.

Bei der Verbreitung der Kultur kommt es zuerst auf die Übertragung und dann auf die Festhaltung an. Übertragung von Kulturerzeugnissen ist noch nicht Übertragung von Kultur. Es gibt kein Jägervolk auf der Erde, zu dem nicht die Feuerwaffen vorgedrungen wären, und gewiß haben sie mächtig das Leben dieser Völker umgestaltet: aber in den Lebensbedingungen dieser Völker sind sie etwas ganz Fremdes und werden wohl immer von neuem wieder aus der Fremde zugeführt werden müssen, da alle Voraussetzungen zu ihrer eigenen Erzeugung fehlen; höchstens können sie äußerlich nachgeahmt werden. Das Gleiche gilt vom Feuerwasser, von den Baumwollfetzen und so vielem anderen, was der Handel bringt. Ja, man kann sagen, der Handel bei diesen Völkern lebt von ihrem Wunsche, Dinge aufzunehmen, die sie nicht selbst erzeugen und doch zu brauchen glauben. Und indem dadurch neue Bedürfnisse erzeugt werden, für deren Befriedigung die eigenen Lebensbedingungen keine Möglichkeit geben, entsteht eine Desorganisation der ursprünglichen Einrichtungen eines Volkes, die eine wahre gesellschaftliche Krankheit ist, aber durchaus nicht zur Ausstoßung der Fremdgüter führt; das verhindert der Wille des Volkes, der sie festhält, wenn sie auch allmählich das Volk so umgestalten, daß es aus einem Volk freier Menschen zu einem Volke von Arbeitssklaven wird, das Kautschuk, Palmöl, Kopra und dergleichen schafft, um dafür immer mehr Fremdgüter einzutauschen. Dieser Wille,

der Fremdes aufnimmt und festhält ohne die Kraft, es zu assimilieren, bekundet sich schon in den Gegenständen, die ein Volk besitzt. Aus ihnen die fremden Elemente auszuscheiden, gehört zu den Aufgaben der Ethnologie.

In nicht wenigen Fällen finden wir freilich Gegenstände, die dem Fremden, der sie eingeführt hat, zweckmäßig waren, als zwecklosen Besitz, der dennoch festgehalten wird. Die Armbrust der Fan am Gabun, in Wirklichkeit nur ein schlechter Bogen, ist ein oftmals angeführtes Beispiel. Man könnte unter vielen anderen Beispielen auch die Annahme arabischer und europäischer Trachten und Schmucksachen durch die Neger oder die Umgestaltung des Wurfeisens und anderer Waffen zu unnützen Prunkwaffen nennen. Aber auf dem geistigen Gebiete ist die Aufnahme von Fremdgütern ohne Assimilation am deutlichsten. Die Verbreitung des Buddhismus, des Islams und des Christentums liefern allesamt Massen von Beispielen dafür, daß geistige Fremdgüter, die einer höheren Kulturentwickelung entstammen, in tiefere Schichten übertragen werden oder hinabsinken, wo sie nicht assimiliert, doch aber festgehalten werden. Auch die Übertragung größerer politischer Raumauffassungen von einem Volk auf ein anderes gehört hierher. Der Fortschritt von klein- zu großstaatlichen Bildungen ist nur auf diesem Wege möglich geworden.

Die kulturärmsten Völker nennen wir Naturvölker. Über ihre Verteilung s. oben, S. 639 u. f. In der Verbindung einer äußeren Beweglichkeit, die sich fast unbelastet fühlt und ohne Schwierigkeit den Ort wechselt, mit einer niederziehenden Einförmigkeit der Einrichtungen und Anschauungen, die nach allem Wechsel unter den verschiedensten Bedingungen ungefähr dieselben Lebensformen hervorbringt, liegen die Widersprüche der Seele der Naturvölker. Martius sagt, der brasilianische Indianer sei „zugleich ein unmündiges Kind und in seiner Unfähigkeit, sich zu entwickeln, ein erstarrter Greis; er vereinigt in sich die entschiedensten Pole des geistigen Lebens“. In dieser Doppelnatur erkennen wir die Quelle aller der Zivilisation der Naturvölker entgegenstehenden Schwierigkeiten. Wo immer und unter welchen Bedingungen die Naturvölker uns entgegentreten, es geht ein Zug der Übereinstimmung durch ihre Zustände und ihre Handlungen. Sie erscheinen uns in ihrer ganzen Ausdehnung als die Vertreter und Träger einer und derselben Kulturform. Diese Ähnlichkeit wurzelt in der allgemeinen Verbreitung einer gewissen Trägheit, einer „absence d'initiative civilisatrice“, wie Eichthal es bei den Negern nennt, durch die Naturvölker hin. Es fällt damit die wohlthätige Reibung, das wechselseitige Vorwärtsdrängen in der Richtung auf höhere Kultur weg, und so bildet diese Trägheit an sich und dann als Ursache dieser Gegensatzlosigkeit ein großes retardierendes Moment in der Geschichte dieser Völker. Wir glauben, daß das Gleichartige im Wesen der Naturvölker vielfach mehr in der Gleichheit des Niveaus liegt, auf das sie, aus verschiedenen Höhen herabsinkend, gelangten, und in dem sie verharren, als auf gleichartiger Entwickelung.

Doch ist nicht zu verkennen, daß mit dem siegreichen Gang der Kultur über die Erde auch ein natürliches Motiv der Gleichartigkeit wirksam geworden ist, nämlich die Zurückdrängung der Naturvölker in die ärmsten Teile der Erde, wo sie unter einförmigen Lebensbedingungen selber noch einförmiger werden mußten. Durch die Ausbreitung höher organisierter und mit einer höheren Kultur ausgestatteter Völker über alle Teile der Erde wurden die kulturärmeren eingeengt. Jene nahmen nicht bloß größere Räume ein, sondern ihre Zahl wuchs immer mehr, und zwar nicht bloß mit der Zunahme des Raumes, sondern nach dem Gesetz der Beschleunigung der Bevölkerungszunahme mit wachsender Kultur vermehrte sie sich darüber hinaus. Das bedeutete Zunahme an Zahl und zugleich an befähigteren und höher kultivierten Individuen und endlich Vermehrung des Raumes für höhere Kulturentwickelungen: Fortschritt für die Menschheit aus drei Quellen.

Wenn ich hier einen Fortschritt sehe, den ich mit Händen greifen kann, den ich sogar, wenn es not thut, messen und zeichnen kann, so glaube ich natürlich nicht, damit die Frage nach dem Fortschritt des Menschengeschlechts beantwortet zu haben; ich hebe nur hervor, was die Erfahrung lehrt. Ein Fortschritt, der etwa in einer noch nicht abzusehenden Entwickelung des menschlichen Geistes läge, ist ganz außer dem Bereich dieser Besprechung. Mit ihm mögen sich die Psychologen und Pädagogen befassen. Dem Geographen und Ethnographen muß es genügen, auf ein Beispiel hinzuweisen, wie es uns Australien bietet. Vor 100 Jahren gehörte Australien fast ganz noch seinen farbigen Eingeborenen, die auf einer der niedrigsten Stufen des Menschentums stehen; eben hatte England angefangen, diesen Erdteil mit dem Abschaum seiner Verbrecher zu bevölkern. Heute umschließt Australien sechs blühende Kolonien, die sich selbst regieren und von etwa 5 Millionen Menschen weißer Rasse bewohnt sind. Dieses Land entwickelt die merkwürdigsten Variationen über die Gegensätze zwischen der europäischen Überkultur der blühenden Städte und den heulenden Einöden, zwischen den leicht gewonnenen Reichtümern und den brennenden sozialen Fragen, der demokratischen Gesellschaft und der aristokratischsten Besitzverteilung. Australien sucht seine eigene Litteratur, Kunst und Wissenschaft zu entwickeln, es will ein Ausstrahlungsmittelpunkt der Kultur im Stillen Ozean werden. Und dabei ist die Zahl der Eingeborenen, die noch vor 130 Jahren den ganzen Erdteil besaßen, immer weiter gesunken, ihre Reste sind aus den kulturlich günstigsten Teilen verdrängt in die Steppen, Wüsten und Urwälder des Inneren, des Westens und des Nordens; Tasmaniens Eingeborene sind ganz ausgerottet, Neuseeland hat noch 43,000 Maori, fast alle auf der feuchtwarmen Nordinsel.

Die Ackerbauer.

So kulturfördernd die feste Verbindung des Ackerbauers mit seinem Boden auch sein kann, so liegt doch nicht notwendig darin ein Hinausgehen über den nächsten Zweck der Erzeugung der Feldfrüchte. Große Möglichkeiten des Fortschrittes sind allerdings mit dem Ackerbau gegeben, sie sind aber bei vielen Völkern im ruhenden Zustand. Gerade die enge Verbindung des Menschen mit seinem Boden in dieser Thätigkeit schafft jene Einschränkung des geistigen Horizontes, die bezeichnend ist für das „Kleben an der Scholle". Daher finden wir viele Völker auf der Erde, die den Acker bebauen, ohne sich je über diese Thätigkeit wesentlich zu erheben; sie graben einige Jahre hintereinander einen Acker um, der groß genug ist, um sie zu ernähren, dann suchen sie sich einen anderen aus und bearbeiten diesen. Mehr als das Notwendigste wird nicht erzeugt. Es ist mehr die Beschränkung des Gartenbaues als das Sichausbreiten des Ackerbaues; nur fehlt häufig die Sorgfalt des Gärtners. Die Werkzeuge sind einfach: mit einem zugespitzten Stock, den zur Not ein Stein beschwert, mit einer Hacke aus einem Stück Schildkrötenrippe, auf einer höheren Stufe mit einem dünnen, halbmondförmigen Eisen an kurzem Holzstiel kann nicht viel geleistet werden. Man findet auf dieser Stufe einen sehr einfachen Ackerbau, den nur Weiber und Kinder nebenher und mit schwachen Kräften betreiben, und dessen Ertrag die Lücken in dem ausfüllen muß, was die Jagd und der Fischfang ergeben. Das ist ein Ackerbau, der vielleicht einmal in einem Jahr gänzlich ruht. Er erhebt sich nicht sehr hoch über das Einsammeln der Wurzeln und Waldfrüchte, womit er verbunden zu sein pflegt.

Der Fortschritt liegt nun in der Vertiefung der zuerst so oberflächlichen Arbeit. Der Boden wird tiefer aufgegraben, mit der Asche verbrannter Pflanzen gedüngt, die Zahl der angebauten Pflanzen wächst, es wird auch eine Auswahl unter den Varietäten dieser Kulturpflanzen getroffen, und endlich kommt die künstliche Bewässerung mit Terrassenbau hinzu. Ein

weiterer großer Fortschritt liegt auch immer in der Einführung der Körnerpflanzen, deren Frucht sich zum Aufbewahren eignet. Damit ist der Anstoß gegeben, den Acker zu vergrößern, um die Vorräte zu vermehren. Wo der Ackerbau den Pflug ergreift und anderer Werkzeuge zur rascheren und gründlicheren Bearbeitung des Bodens sich bedient, betreten wir eine viel höhere Stufe, auf der eine Fülle von neuen Entwickelungen sich drängt. Der Holzpflug und der Pflug mit eiserner Schar, der leichte und der schwere Pflug, die, jener in slawischer und dieser in deutscher Hand, eine geschichtliche Rolle in dem Kampf um den Boden Ostdeutschlands gespielt haben, endlich die vervollkommnetsten Maschinen des Ackerbaues: sie alle führen eine einzige Entwickelung weiter, nämlich die gründlichere Ausnutzung der Fruchtbarkeit des Bodens, die Ausbreitung des Ackerbaues über weitere Flächen. Dieser Ackerbau tritt mit der Wirtschaft anderer Völker in Verbindung, besonders als Massenerzeugung der Körnerfrüchte, endlich mit der Weltwirtschaft, indem er seinen Überfluß abgibt, und in dieser hohen Entwickelung hilft er die Lebensgrundlagen der größten Kulturvölker bilden.

Aber immer bleibt doch dem Ackerbau für sich allein das Beschränkende und Befangende einer an die Scholle bindenden Arbeit eigen. Wenn die Lage, die Arbeit, die Sitten und Lasten des ägyptischen Volkes im allgemeinen dieselben unter den Pharaonen und Römern, Arabern und Türken geblieben sind, so liegt das zum Teil in der Unveränderlichkeit ihrer engen Beziehung zu dem immer gleichen Boden. Und wo in einem und demselben Volke ein Gebiet der Ackerbauer und ein Gebiet der Gewerbe- und Handeltreibenden geographisch gesondert sind, da sind jene immer die langsamer fortschreitenden, die konservativeren. Daher schätzt der praktische Staatsmann seit des Aristoteles Zeit den Landmann als das wohlthätige, hemmende Gewicht im Fortschritte der Gesellschaft; ihm ist Überstürzung fern, er wird politisch gefährlich nur dann, wenn sein Boden, seine Ernte angetastet werden. Zu den interessantesten Erscheinungen der Geschichte gehören die daraus entstehenden inneren Unterschiede der Völker. Sie zeigte im vorigen Jahrhundert der ackerbauende Osten Englands gegenüber dem gewerbe- und handelsthätigen Westen, wie wir sie in unserer Zeit zwischen Ost- und Westdeutschland finden, wie auch die Griechen sie zwischen den beweglichen Athenern und den schwerfälligen Lakoniern und Böotiern kannten. Wo in einem von zwei Völkern bewohnten Staate der Ackerbau von dem einen und andere Thätigkeiten von einem anderen Volke getragen werden, da liegen auf engem Raum zwei Welten nebeneinander, so die der ackerbauenden Tadschiks in Persien neben derjenigen der herdenzüchtenden Türken und Mongolen. Der Ackerbau zeigt aber dabei immer die Fähigkeit des Beharrens, die in der innigeren Verbindung seiner Träger mit dem Boden liegt. Das Land, das er einmal gewonnen, gibt er nicht wieder los. Und darum ist eine der folgenreichsten Wendungen in der Geschichte Europas die Ausbreitung des Ackerbaues über die Steppen, die alten Gebiete der Nomaden.

Der Nomadismus.

Aus der Vergesellschaftung mit Tieren, der wir auf allen Stufen der Völkerentwickelung begegnen, entsteht als ein einziger, aber mächtiger, breiter Ast der Nomadismus. Wo die Natur für ausgedehnte Weiden selbst gesorgt hat, wandert der Hirte mit großen, sich von selbst immer weiter vermehrenden Herden von Kamelen, Pferden, Schafen, Ziegen von Weideplatz zu Weideplatz. Er gibt seinen Herden zuliebe die feste Wohnung auf, lebt unter Zelten, ist immer bereit, sein ganzes Hab und Gut auf den Rücken der Lasttiere zu laden und damit weiterzuziehen. Bei diesen Zügen hat alles und jeder seinen Platz, die Kolonne ist militärisch

gegliedert, die Männer sind bewaffnet. Diese Hirtennomaden, deren Typus in der Litteratur zum erstenmal die Bibel gezeichnet hat, leben vorwiegend von Milch und Fleisch. Neben der Viehzucht füllt die Jagd ihre Tage aus. Ihr freies, stählendes Leben erzeugt kräftige Völker, die, beweglich, allezeit organisiert und kriegsbereit, immer eine Gefahr waren für die auf der Scholle festsitzende Ackerbauvölker. Damit erklären sich auch die unaufhörlichen Einfälle der Mongolen, Turkmenen, Araber in die Gebiete ihrer Nachbarn. Dazu kommt die Unternehmungskraft und Herrschgewalt dieser Völker. William Jones hat einmal von einer späteren Zeit zwischen dem 4. und 10. Jahrhundert, wo beständig Ströme türkischer Wandervölker von der Altairegion ausflossen und bis in das Herz Europas vordrangen, und von der Zeit, wo die Mongolen allen Horden Zentralasiens und den Reichen China und Persien Häupter oder Herrscher gaben, gesagt: Zentralasien glich dem Trojanischen Pferd, das eine Menge hervorragender Krieger ausgab. Diese Krieger nun leiteten die Bevölkerungskraft der Steppe auf die Länder rings um den Steppengürtel hin. Und diese Überlegenheit hat tief in die geschichtliche Zeit hinein fortgedauert; mit ihren Resten erhält sich das Türkische Reich aufrecht.

Je weiter wir in der Völkergeschichte zurückgehen, um so machtvoller tritt der Nomadismus auf. Er ist der Zertrümmerer und Erneuerer der großen vorderasiatischen Reiche und Chinas, in Afrika ist er der eigentliche Staatengründer. Je schwächer die ansässige Kultur ist, um so überlegener ist die unstete Kultur der Nomaden mit ihren sturmartigen Einbrüchen auch in Gebieten von fortgeschrittener Entwickelung. Radloff spricht einmal von einer bei der weiten Verbreitung des Volkes fast unbegreiflichen Gleichmäßigkeit in Sitte und Sprache der Kirgisen. Er hat damit eine der wesentlichsten Eigenschaften eines Nomadenvolkes bezeichnet. Die Nomaden sondern das Fremde durch die Geschlossenheit ihrer Organisation und Sitte aus. Ein Nomadenvolk wird immer dasselbe bleiben. Nomadenvölker sind ebendarum geeignet, geschlossene Rassen hervorzubringen. Aber freilich gehen sie dann auch wieder in anderen Völkern auf, die sie, ihren Boden verlassend, rasch kriegerisch sich unterwerfen, und von denen sie dann ihrerseits langsam kulturlich überwältigt werden. Ackerbauende Negerstämme sieht man unter die Herrschaft gruppenweise einwandernder Hirten und Neger gelangen, ohne daß sie viel davon merken. Die „Infiltration" geschieht fast unmerklich; wenn die Neueingewanderten das Netz geflochten haben, sind die an Zahl viel zahlreicheren Altansässigen darin gefangen. So sind die starken Negerstämme des Sudâns arabisiert, fulbisiert, tuaregisiert worden. Dagegen kann man sich die Unterwerfung der Tuareg in ihren Steppen nur durch ihresgleichen möglich denken. Es liegt also im Nomadismus, solange er auf seinem Boden bleibt, bei aller Beweglichkeit eine ebenso große Beharrungskraft. Sobald er abgedrängt wird, wird er hinfällig, und man kann es als ein Gesetz der Geschichte aussprechen, daß Hirtenvölker erst ansässig werden, wenn sie mit ihren Herden die Selbständigkeit verloren haben.

So wie das Nomadentum in seinen ihm bis heute großenteils verbliebenen Trägern, den Finnen und Tataren, noch im Mittelalter bis in das Herz des heutigen Rußland reichte, aus dem langsam durch Zuwanderung ackerbauender Slawen und durch Gewöhnung der Finnen und Tataren an den Ackerbau ein Land der Ackerbauer bis nach Westsibirien geworden ist, so reichte in früheren Jahrhunderten das Nomadentum noch weiter nach Westen, wahrscheinlich so weit, wie es die natürliche Ausbreitung des Waldes gestattete. Die schon bei Tacitus vorhandene Sonderung der Völker Osteuropas in ackerbauende Wenden und nomadisierende Sarmaten entspricht der Bodengestalt und Pflanzendecke. West- und Mitteleuropa sind Waldländer, in denen aber die Wiese und die Heide ebenso selbständige und ursprüngliche Vegetationsformen sind wie der Wald, wenn sie auch auf engerem Raum eingeschränkt waren. Außerdem sind ihre Wälder auf altem Steppenboden gewachsen. Es spricht also manches für ein frühes Eindringen von Hirtenvölkern von Osten und Südosten her nach Mitteleuropa. Das der Steppe entstammende, vom

Steppennomaden unzertrennliche Element in den **Kelten** und **Germanen** weist auf die Grasländer an der Donau und am Pontus hin; der Limes, den die Römer ihnen entgegenstellten, ein Gegenstück zu den Tataren- und Mongolenwällen Rußlands und Chinas, beweist, wie beweglich die Germanen auftraten. Im Vergleich mit ihnen waren die Slawen, die aus dem mittelrussischen Waldlande kamen, reine Ackerbauer. Germanen und Kelten stellten die besten Reiter der Römer; es ist nach Tischler sogar wahrscheinlich, daß der Sporn eine keltische Erfindung war. Das Steppenrind Ungarns und Südrußlands scheint ebenso seine Ausläufer bis nach Tirol und Mittelitalien gesandt zu haben wie die alten menschlichen Bewohner dieser Gebiete; sein Ursprung deutet bis auf die turanischen Steppen zurück. Die Kelten und Germanen sind, wo immer sie uns entgegentreten, großenteils dem stillen Gebundensein des Ackerbauers an seinen Boden abhold; sie treten kriegerisch stürmisch auf, ein Teil war dem Hirten- und Jägerleben ergeben; sie als eigentliche Nomaden im Sinne der Kirgisen oder Kalmücken aufzufassen, verbietet uns indessen die Natur ihrer geschichtlichen Wohnsitze.

Die **Grenze zwischen Ansässigkeit und Nomadismus** ist selbst auch in den Wohnplätzen nicht scharf zu ziehen. Es gibt Beduinenstämme, die halb unter Zelten, halb unter den Dächern fester Hütten wohnen, und es gibt in Europa, Vorder- und Südasien Völker, die den Winter in den letzteren und den Sommer unter den ersteren verbringen. Der Gürtel bald entvölkerter, bald wieder besiedelter Dörfer und Städte, der sich auf der Grenze des Nomadentums breit hinzieht, zeigt diese Veränderlichkeiten; es ist wie Ansteckung durch das Wanderleben, wenn wir die Karakuliner den Turkmenen von Achalteke immer mehr Raum geben, ihnen Weiden, Holzschläge, Äcker überlassen und endlich die Stadt selbst räumen sehen, die Heyfelder als einen Schatten geschildert hat, „ein modernes Pompeji", von den Wällen und Türmen bis zu den Futtertrögen und Rieselkanälen gut erhalten, aber vollständig leer. Lange bleibt der nomadische Zug in den zum Ackerbau übergegangenen Nomaden lebendig. Es entsteht ein Ackerbau, der von Lichtung zu Lichtung zieht, und es entstehen Völkerschichtungen, bei denen das dem Ackerbau dienende Volk die untere Stufe einnimmt und ein dem Nomadismus noch näherstehendes darüberlagert, das die anderen für sich arbeiten läßt. So bildeten die Slawen, emsige Ackerbauer, Völker von herdenhafter Unterordnung und Zusammenhalt, gleichsam eine tiefere Schicht unter den nicht so fest an den Boden sich bindenden, kampfliebenden, nach Vorherrschaft begierigen Kelten und Germanen.

Der Ackerbau macht unkriegerisch, weil er schwer beweglich macht. Dagegen entfaltet der Ackerbau eine andere Kraft: er läßt die Völker **anwachsen** und sich fest und breit in ihren Boden **einwurzeln**. Für die Zunahme der Volkszahl mit dem Aufhören des schweifenden Lebens fehlt es nicht an thatsächlichen Belegen. Trotz verlustreicher Übersiedelung ist eine ganze Reihe von Indianerstämmen in der Ruhe des Indianerterritoriums volkreicher geworden, und in Indien zeigen die zur Ruhe gebrachten Wanderer dieselbe Erscheinung. Die Santal im Hügelland Unterbengalens, die, seitdem sie mit dem Pfluge arbeiten, fast als gesittet zu bezeichnen sind, haben eine Million erreicht; ihren alten Zustand zeigen die paar hundert Puliars von Südmadras oder die 10,000 Juangs von Orissa. Das Rätsel der gewaltigen Vermehrung kriegerischer, beweglicher Völker, als welche die Arier in Europa auftraten und vordringend sich ausbreiteten, wird verständlicher, wenn man diesen Übergang erwägt.

Auch Amerika und Australien haben ihre Steppen, aber diese haben nie das Völkerleben dieser Erdteile so tief beeinflußt wie die Steppen Eurasiens, in deren Hirtenvölkern geschichtliche Größe liegt. Man liebt es, den europäischen, besonders den russischen Osten mit dem nordamerikanischen Westen zu vergleichen, aber dieser Vergleich geht nur eine Strecke weit, dann bleibt er bei den südosteuropäischen und westasiatischen Steppen mit ihren kraftvollen, überschwemmenden Hirtenvölkern stehen, derengleichen kein anderer Teil der Erde hatte.

Gewerbe und Handel.

Aus derselben Wurzel, der einfachen kunstlosen Hantierung der um ein Jagdfeuer oder in einer Reisighütte Lagernden, gehen Thätigkeiten hervor, die sich immer breiter entfalten, indem sie weiter auseinandergehen und sich zerteilen. Da sind die Waffen und Geräte, die Häuser und Hütten, die Kleidung, der Schmuck, in denen allen wir den Fortschritt von den nächsten und einfachsten Stoffen zu den von fernher gebrachten, künstlichsten und zusammengesetztesten, von kleiner zu hochgesteigerter Wirkung, von Vergänglichkeit zu Dauerhaftigkeit wahrnehmen.

Eine Kachinfrau (Nordbirma) am Webstuhl. Nach Photographie.

Jede Waffe, jedes Gerät, jedes Gefäß, von denen wir Tausende in einem Völkermuseum finden, sind bezeichnend für eine Kulturstufe. Wie der Geolog aus der in einem Felsen gefundenen Muschelschale die geologische Geschichte einer ganzen Formation herausliest, so lesen wir in einem Holzlöffel eines Betschuanen, in dem Grabstock eines kalifornischen Indianers, in dem Holzspeer eines Australiers ein ganzes Stück Geschichte der Menschheit; der primitivste Webstuhl (s. die obenstehende Abbildung) weist auf den Verkehr mit einem höheren Kulturkreis hin. Jedes dieser unscheinbaren Objekte ist ein Dokument zur Kenntnis der Entwickelung des menschlichen Geistes.

In dieser Entwickelung aber treffen wir wiederum geographische Elemente, die vor allem im Klima (s. oben, S. 530), in der Ausstattung mit Pflanzen und Tieren (s. oben, S. 566) und in der Natur und Lage wichtiger Rohstoffe gegeben sind. Geräte und Waffen aus Holz finden wir bei den Eskimo nur da, wo die Meeresströmungen Treibholz anschwemmen (s. oben, S. 250);

wo dieses fehlt, treten Knochen an die Stelle. Ein vergleichender Blick auf die Bogen der Indianer von Südamerika und der Neger von Mittel- und Südafrika läßt den Reichtum an vorzüglichen Hölzern für diese Waffen dort, die Armut hier erkennen. Dagegen hat Afrika vermöge seines natürlichen Eisenreichtums eine einheimische Eisenindustrie entwickelt wie kein anderes Gebiet der Naturvölker. Auch die Kupferlager in Katanga und bei Hofra en Nahas und das Gold Senegambiens haben Afrikaner schon in voreuropäischer Zeit ausgebeutet. Wo dagegen eine Bevölkerung noch nicht bis zum Gebrauch der Metalle fortgeschritten war, blieben die reichsten Mineralschätze ungenutzt liegen. Die Kohle und das Eisen Nordamerikas, die nun den Welthandel umwälzen, das Gold Australiens, Kaliforniens und Transvaals haben erst Europäer ans Licht gezogen. Die Kenntnis der Metalle ist, soweit wir sie verfolgen können, aus Westasien nach allen Seiten hin gewandert; nach Europa ist sie hauptsächlich aus Südosten gekommen. In geschichtlicher Zeit waren von der Alten Welt nur noch Nordasien und die äußersten Teile Südafrikas dieser Kunde bar. Australien und die Inseln Ozeaniens von Neuguinea an sowie Amerika außer Mexiko und Peru, wo man Bronze in beschränktem Maße besaß, kannten nur Holz-, Knochen-, Muschel- und Steingeräte. Auch in Babylonien und Ägypten sowie in Ostasien scheint die Benutzung des Kupfers und der Bronze der des Eisens vorangegangen zu sein.

Für alle metalllosen Völker waren die Lager nutzbarer Steine von der größten Wichtigkeit, und wir können selbst im vorgeschichtlichen Europa einen Tauschhandel damit nachweisen. Wo erratische Blöcke aus dem Glazialschutt hervortreten oder ein Granitgebirge, wie das korsische, felsenmeerartig verwittert ist, wurden in der Periode der geschliffenen Steingeräte von unbekannten Völkern mächtige Steingräber und Felspfeiler errichtet. Ohne den quaderförmig anstehenden Wüstenkalk und die Granitwälle von Assuân würden die Ägypter ihre mächtigen Pyramiden nicht haben bauen können, und ohne die großen Schwemmthonlager am unteren Euphrat und Tigris gäbe es nicht jene mit Millionen von Schriftzeichen bedeckten Thonplatten und -cylinder, aus denen man die Anfänge aller Wissenschaften herauslesen wird. Als immer mehr Völker zum Gebrauch der Metalle übergingen, wurde die Lage der Erzlagerstätten wichtig. Das Kupfer des Sinai und das Zinn Nordwestfrankreichs, Nordspaniens und Südwestenglands sind große Thatsachen in der Geschichte der Menschheit. So hängt in unserer Zeit von der geographischen Lage der Kohlen- und Eisengebiete die Entwickelung der Industrie und des Handels der großen Kulturvölker ganz wesentlich ab. Da ist es nun auffallend, wie bevorzugt die nördliche Halbkugel und in ihr wieder die gemäßigte Zone ist.

Die größten Kohlenlager, die wir heute kennen, sind in England, Belgien, Norddeutschland, Polen, Mittelrußland und im Dongebiet, in Nord- und Mittelchina, Pennsylvanien, Ohio und Alabama; dagegen sind unbedeutend die Vorkommen in Neusüdwales, Neuseeland, Chile und Transvaal. In den Tropen werden nur unbedeutende Lager in Bengalen und auf der Insel Labuan ausgebeutet. Die wichtigsten Gebiete der Kohlenförderung sind heute die Vereinigten Staaten von Amerika, England, das Deutsche Reich, Österreich-Ungarn, Frankreich, Belgien, Rußland, Spanien. Es haben also die Länder um den Atlantischen Ozean die Führung in der Kohlenförderung, und in Europa stehen die Mittelmeerländer hinter den anderen zurück. Wichtig ist noch die Lage großer Kohlenlager in unmittelbarer Nähe des Meeres, wie sie Durham und Wales in England zeigen, oder in großer Nachbarschaft des Meeres und dahinführender Ströme, wie das Ruhrbecken Deutschlands, die Kohlenlager der Vereinigten Staaten von Amerika in der Seenregion, die Lager von Australien und Neuseeland. Für den Aufschwung der Eisen- und Stahlindustrie ist die Lage nahe bei Eisenerzvorkommen wichtig, die gerade den größten

Kohlenlagern eigen ist. Am meisten Roheisen erzeugten 1899 die Vereinigten Staaten von Amerika, England, Deutschland, Frankreich, Rußland, Österreich-Ungarn, Belgien, Schweden und Spanien. Man erkennt hier die enge Beziehung zwischen der Eisenindustrie und der Kohlenförderung. Nur in dem waldreichen Schweden arbeitet eine große Eisenindustrie noch mit Holzkohlen. Alle eisenreichen Länder sind auch in der Stahlbereitung, im Maschinenbau, in der Herstellung von Eisenbahnschienen und anderem Eisenbahnmaterial, im Schiffbau vor den eisenarmen begünstigt. Unter den wirtschaftlich bedeutenden Ländern sind für den Bezug des Eisens und Stahles vor allem Italien, die Schweiz, die Niederlande, Norwegen, Japan, Indien, Australien, Britisch-Nordamerika auf die Einfuhr von außen angewiesen.

Die Vereinigten Staaten von Amerika, Spanien, Chile, Deutschland liefern heute auf den Weltmarkt den größten Teil des Kupfers, das seit dem Aufkommen der elektrischen Industrie nur hinter Eisen und Stahl an Wichtigkeit zurücksteht. Cypern, woher die Griechen den größten Teil ihres Kupfers bezogen, und woher dieses Metall auch seinen Namen empfing, die Sinaihalbinsel, der Kaukasus, die Kupfer lieferten, als Bronze der gesuchteste Rohstoff für Waffen, Geräte und Schmuck war, sind heute nicht mehr nennenswert. Das Zinn hat in der Zeit, wo es durch den ausgedehnten Gebrauch der Bronze ein Kulturmetall ersten Ranges geworden war, einen der wichtigsten Gegenstände des Welthandels gebildet. Um das Zinn von den Britischen Inseln und der Bretagne zu holen, machten die Phöniker ihre Fahrten in den Atlantischen Ozean um Südwesteuropa herum, und für die Bronzevölker des Altertums, zu denen im Anfang ihrer überlieferten Geschichte auch die Babylonier, Ägypter, Griechen, die alten Germanen gehörten, war und ist eine der wichtigsten Fragen: Woher bezogen sie ihr Zinn? Heute bedeuten die englischen und sächsischen Zinnlager nicht mehr viel. Die ergiebigsten Lager sind noch die der Malakkahalbinsel, dann kommen die nahen Inseln Banka und Biliton, nördlich von der Sundastraße, Australien und Tasmanien. Das Zink, das in manchen Verwendungen an die Stelle des Zinns getreten ist, wird heute in weit größeren Mengen erzeugt, und zwar kommen seine Erze am meisten in Deutschland, Belgien und Nordamerika vor.

Gold war schon im vorgeschichtlichen Europa und im voreuropäischen Amerika zugleich mit Bronze im Gebrauch. Ähnlich wie Kupfer und Zinn kommt es vielfach in gediegener Form in Anschwemmungen (Seifen) vor, in denen es leicht erkannt werden konnte. In dieser Form ist es bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts aus den Flüssen Europas, Nordasiens, Afrikas und Südamerikas gewonnen worden. In größtem Reichtum ist es aber seitdem in Kalifornien und Australien gefunden worden, zuerst als Waschgold, dann eingesprengt im Gestein und in dieser Form später auch in Südafrika und endlich in Alaska. Von der gesamten Golderzeugung der Erde bringen Australien, Afrika und die Vereinigten Staaten von Amerika fast drei Vierteile; daneben ist nur Rußland mit erheblichen Beträgen vertreten. Silber ist erst mit dem Eisen zusammen im vorgeschichtlichen Europa erschienen; die gewaltige Zunahme seiner Gewinnung, die sowohl im 16. wie im 19. Jahrhundert große Preisumwälzungen bewirkte, datiert von der Entdeckung des Silberreichtums der Westgebirge Amerikas. Auch heute bringen Mexiko und der Westen der Vereinigten Staaten von Amerika zwei Dritteile alles Silbers. Der Wert des 1899 erzeugten Goldes und Silbers betrug ungefähr 1300 und 420 Millionen Mark.

Erzeugnisse des Pflanzenreiches machen die Bedeutung der Herkunft aus bestimmten Gebieten für den Verkehr noch klarer. Die Tropenländer werden immer Kaffee, Kakao, Rohrzucker, Tabak, Chinarinde und dergleichen erzeugen; China und Japan werden Thee und Seide, Australien und Südafrika Schafwolle, der Süden Nordamerikas Baumwolle liefern;

der große Waldgürtel der Nordhalbkugel wird das Reservoir des Holzes bleiben; die weiten Präriel änder Nordamerikas und Osteuropas, Westsibiriens, Südostamerikas und Ostaustraliens werden immer Weizenländer sein. Wie ein Strom an einer Stelle der Erde entspringt und nach einer anderen hinfließt, so wird sich von diesen Erzeugungsländern immer ein Güterverkehrsstrom nach anderen Ländern bewegen, wo man solche Dinge braucht. Und indem diese Länder dafür das geben, was sie im Überfluß erzeugen, gehen zwischen beiden immer Wechsel- und Austauschströme hin und her. Die Richtung dieser Ströme ist durchaus und ihre Stärke zum Teil von geographischen Bedingungen abhängig, und ein großer Teil der Handelsgeographie empfängt daher aus der Lage der Gegenstände des Handels gleichsam ein Gerüst von festen Punkten und Grundlinien.

Der Gegenstände des Außenhandels der Völker waren in der ältesten Zeit und sind auf den tiefsten Stufen der Kultur wenige. Die Vorgeschichte der europäischen Völker zeigt uns Waffen aus Stein und Bronze, Geräte aus demselben Material und aus Thon, endlich Schmuckgegenstände; bei den Naturvölkern der Gegenwart finden wir ähnliche Dinge, außerdem noch Genußmittel. Gewürze, zusammen mit Gold, Perlen, Edelsteinen, Seide, Zucker waren die Hauptgegenstände der Einfuhr aus Indien und den Nachbarländern nach Europa bis zur Entdeckung Amerikas und des Stillen Ozeans. Nun warfen sich europäische Pflanzer auf die Massenerzeugung von tropischen und subtropischen Produkten, und es entstand der ungemein gewinnreiche Handel damit nach den Kulturländern Europas, die dafür die Arbeit in ihren Werkstätten anspannten, um mit deren Erzeugnissen bezahlen zu können. Mit der Entdeckung Amerikas begann der starke Zufluß von Edelmetallen nach Europa. Allmählich wuchs in den Industrieländern die Bevölkerung über die Ernährungsfähigkeit ihres eigenen Bodens hinaus, und nun lieferten die weniger dicht bevölkerten Länder der gemäßigten Zone Getreide, Schlachtvieh, Fleisch, Fett und andere Nahrungsgegenstände. Endlich steigerte sich der Bedarf der Industrie an Rohstoffen, und es entstand ein früher überhaupt unbekannter Fernhandel mit Eisen, Kohle, Kupfer, Salz, Erdöl, Holz, Häuten, Wolle, Baumwolle, Hanf, Jute, Kautschuk, Palmöl gegen eine viel größere Anzahl von Erzeugnissen der Industrie.

So ist denn im Beginn des 20. Jahrhunderts der Warenaustausch mannigfaltiger, größer und umfaßt weitere Gebiete als je. Wenn wir es versuchen, die Teilnahme der großen Länder an demselben zu übersehen, so ergeben sich ganz von selbst natürliche Gruppen nach dem Betrag der wichtigsten Handelsartikel; denn wir finden auf der einen Seite Länder, die Getreide, Holz, Fleisch, Schlachttiere, Eier, Wolle, Baumwolle, und auf der anderen Länder, die Baumwollen-, Wollen- und Seidengewebe, Eisen- und Stahlwaren ausführen, so daß wir sehr bald erkennen, wie der größte Teil des Welthandels ein Austausch von Nahrungsmitteln und Rohstoffen gegen Erzeugnisse des Gewerbfleißes ist. Heben wir für die größten Industrieländer West- und Mitteleuropas: England, Deutschland, Frankreich und Belgien, die wichtigsten Gegenstände der Ausfuhr heraus, so finden wir Wollenwaren bei allen, Eisen, Eisenwaren und Kohle bei England, Deutschland und Belgien, Baumwollenwaren bei England und Deutschland. Drogen sind für Deutschland, Seidengewebe und Wein für Frankreich, Leinengarn für Belgien Ausfuhrgegenstände von charakteristischer Bedeutung für die Richtung der wirtschaftlichen Thätigkeit.

Betrachten wir nun Länder, die hauptsächlich Erzeuger von Nahrungsmitteln und Rohstoffen sind, so finden wir unter den wichtigsten Gegenständen der Ausfuhr von Rußland und Österreich-Ungarn Getreide und Holz, bei den Vereinigten Staaten von Amerika kommt Baumwolle, bei Rußland Petroleum dazu. Auch Argentinien ist ein Land der Getreide-, Schlachtvieh-

und Fleischausfuhr, wozu außerdem hier noch Wolle und Häute kommen. Unter den Ländern, die von diesem verhältnismäßig einfachen Tausch von Rohstoffen, Nahrungs- und Genußmitteln gegen Industrieerzeugnisse weit abweichen, seien Italien und Japan hervorgehoben. Italien, ein für den Ackerbau bevorzugtes und gewerbfleißiges, aber kohlen- und eisenarmes Land, führt hauptsächlich Seide, Seidengewebe und Wein aus, Kohlen, Eisen und Getreide ein; Japan tauscht Seide und Thee gegen Eisen und Maschinen.

Die Sprachgebiete.

Alle Völker verständigen sich durch die Sprache, der sprachlose „Alali“ ist nur ein Gebilde der hypothesenzeugenden Gelehrtenphantasie. Als Mittel der Verständigung entstanden, ist die Sprache eine soziale Bildung. Jede Sprache wird notwendig von mehreren gesprochen, und mit je mehr Menschen die Sprecher einer Sprache in Verkehr kommen, desto größer wird die Zahl derer, die sie wenigstens verstehen, und desto größer das Sprachgebiet. Dadurch erlangt die Sprache auch eine große Bedeutung als Völkermerkmal. Wenn Rassen- und Kulturkennzeichen verwischt sind, erkennen wir an der Sprache die Volkszugehörigkeit eines Menschen. Die Bedeutung der Sprache als Völkermerkmal ist in dem Maße gestiegen, als die Völker einen reicheren geistigen Inhalt in ihre Sprache zu legen wußten, wobei die Sprache durch ihren Inhalt geadelt wurde. Man hat sich das nicht so zu denken wie bei einem Gefäß, das dasselbe bleibt, wie auch sein Inhalt sich verändere, sondern die Sprache ist mit dem Inhalt reicher und tiefer geworden; sie ist ein Werkzeug, das bildend auf die Hand zurückwirkt, die es zu führen weiß.

Die Bedeutung der Sprache als Völkermerkmal wird aber auch überschätzt. Wir erleben es, daß ein Deutscher, der vor Jahren ins Ausland gegangen ist, seine Muttersprache größtenteils verlernt hat; die Fälle, wo die Muttersprache absolut vergessen wird, kommen besonders bei jüngeren Menschen vor, und daß ganze Völker ihre Sprache im Laufe weniger Generationen aufgeben und eine andere annehmen, lehrt die Geschichte. Ich erinnere nur an die Germanen, die in lateinischen Tochtervölkern, an die Slawen, die in den Deutschen aufgingen, an die Neger, die in Nordamerika englisch, in Westindien französisch und spanisch, in Südamerika spanisch und portugiesisch sprechen gelernt und ihre eigenen Sprachen bis auf die letzten Spuren vergessen haben.

Auch darin zeigt sich die Sprache als Werkzeug, daß sie sich durch den Gebrauch abnutzt, weshalb nicht die formenreichsten, sondern die einfachsten und bequemsten Sprachen von den ältesten Kulturvölkern, z. B. in China, oder von den größten Trägern des Verkehres, z. B. den Engländern, gesprochen werden. Die am reichsten ausgebildeten Sprachen des arischen Sprachstammes sprechen dagegen Völker, wie Litauer und Letten, die abseits von der höchsten Kultur und von den Wegen des Weltverkehres leben. — So verschieden der Kulturinhalt einer Sprache sein kann, so wenig sind im inneren Bau der Sprache sehr tiefgehende Verschiedenheiten zu erkennen.

Die verbreitetsten und höchst entwickelten Sprachstämme der Gegenwart sind der arische oder indogermanische und der hamito-semitische, beide die Sprachen der Träger der höchsten Kulturentwickelung in Westasien, Nordafrika und Europa; eine Anzahl von Sprachen, die als Religions-, Litteratur- und Verkehrssprachen zur Verständigung der Völker in den wichtigsten Angelegenheiten unentbehrlich waren oder sind, entsprangen diesen Stämmen, die auch ihrem inneren Bau nach hoch stehen. Die einsilbigen Sprachen Südostasiens sind abgenutzte Werkzeuge einer alten Kultur, die in der chinesischen Form unter uns fortlebt. Die ural-altaischen Sprachen sind in ihren türkischen, finnischen und magyarischen Zweigen das Verständigungsmittel wichtiger Nomaden- und Erobererölker und damit politisch wichtige Idiome geworden. In Indien wurden die Drawidasprachen von den dunkeln Ureinwohnern gesprochen, deren Kultur schon in vorarischen Zeiten hoch stand. Weitere verbreitete Stämme bilden die

malayo-polynesischen, die Bantu-, die amerikanischen Sprachen. Vereinzelte Sprachen ohne nahe Verwandtschaft mit einer dieser großen Familien sind in Europa das Baskische und Etruskische, in Afrika die Sprachen der Sudänneger im Norden und der Hottentotten und Buschmänner im Süden, die der Bantu, die australischen Idiome, das Japanische, Koreanische, Aino, die Eskimo- und Aleutensprachen u. a.

Da die Grenze zwischen Sprache und Dialekt nicht scharf zu ziehen ist, wird man niemals zu einer übereinstimmenden Ansicht über die Zahl der Sprachen kommen. Ist Holländisch ein deutscher Dialekt oder eine besondere Sprache? Wie ist es in dieser Hinsicht mit Süd- und Nordfranzösisch? Es gibt Leute, die Dänisch und Norwegisch für zwei Sprachen halten, während die meisten unparteiischen Beurteiler sie für eine nehmen. So kann denn die Angabe, daß 1000 Sprachen auf der Erde gesprochen werden, nur eine Vorstellung von der Mannigfaltigkeit der Sprachen geben. Adelung hatte im „Mithridates" 3000 Sprachen gezählt, Max Müller später 900. Für Europa nimmt man 53 Sprachen an.

Nur die, die einander verstehen, können ein Ganzes bilden. Solange nun der Stamm auch den Staat bildete, war die Einheit der Sprache so selbstverständlich wie die Einheit des Blutes und aller Erinnerungen. Auf dieser Stufe konnte gar nicht der Wunsch entstehen, sich ein fremdsprachiges Volk einzuverleiben, sondern das mußte vielmehr verhindert werden, da es den Stamm und den Staat zugleich gesprengt hätte. Aber die einem Nachbarstamm abgenommenen Weiber und Kinder brachten dann doch eine fremde Sprache, und als erst einmal der Staat zu wachsen begann, indem er besiegte Stämme, statt sie auszurotten, unterwarf, wurde die Notwendigkeit eines Verständigungsmittels für die Bürger eines Staates bald so groß, daß wir sie auf allen Stufen der Kultur praktisch anerkannt finden. Ein afrikanischer Staat kann ein Dutzend verschiedener Sprachen umschließen, ein Volk aber herrscht, regiert und verwaltet in seiner Sprache oder einer gemeinsamen Verkehrssprache. So ist das Deutsche den nichtdeutschen Völkern Österreich-Ungarns, so das Französische vielen Deutschen der Schweiz vertraut. Damit ist nun die Entstehung von Mischsprachen gegeben, die ebensoweit verbreitet sind wie die Mischrassen; das Englische, in dem deutsche und romanische Elemente sich die Wage halten, ist ein Beispiel einer Mischsprache.

Die geistigen Kulturkräfte.

Durch die ganze Entwickelung der Menschheit geht eine Richtung, in der alle großen Fortschritte liegen; das ist die immer innigere Verbindung aller Arbeiten der Menschen mit dem Geiste der Menschen. Von der einfachen Nachahmung der Natur und der Vervollständigung der natürlichen Werkzeuge, durch den Stock, den Stein, das Messer, sind wir bis zur weitgehenden Beherrschung der Naturkräfte gelangt, die, soweit wir sie kennen, in den Dienst der menschlichen Arbeit gestellt sind. In dieser Entwickelung bildet nun den größten Abschnitt die Entwickelung der Wissenschaft. Alle Völker haben die Natur um sich und in sich beobachtet; es gibt kein ärmlichstes Völkchen, das nicht einige Kenntnis vom gestirnten Himmel besäße, oder das sich nicht einige Regeln über das Wetter, die Jahreszeiten, das Wachstum der Pflanzen gebildet hätte. Die eigentliche Wissenschaft aber, die sich fach- und planmäßig mit der Erforschung aller Dinge und Vorgänge auf der Erde und am Himmel beschäftigt, ist ein verhältnismäßig neuer Erwerb der Menschheit. Hervorgegangen aus der zu religiösen Zwecken vorgenommenen genauen Beobachtung des gestirnten Himmels, ist sie in Griechenland vor dritthalbtausend Jahren vom Himmel auf die Erde herabgestiegen: die Gesetzmäßigkeit, die man in der Sternenwelt erkannt hatte, begann man auch auf der Erde und dann im Menschenleben zu suchen.

So ist die Wissenschaft auf der Schwelle zwischen Morgenland und Abendland entstanden und im Abendlande groß geworden. Als sie aus der Hut der Priester und aus der Enge der

Tempelbezirke herausgetreten war, stellte sie sich in den Dienst des praktischen Lebens und befruchtete nach und nach alle Zweige der menschlichen Thätigkeit. Heute gibt es kein Körnchen, das wir essen, und keine Faser, in die wir uns kleiden, keinen Stein in unseren Häusern, die nicht von der Wissenschaft geprüft und verbessert wären. Ohne Wissenschaft kein Verkehr, kein Krieg, keine Gesellschaft, kein Staat. Unser Leben und auch das Leben der Ungebildetsten unter uns ist von Wissenschaft ganz durchdrungen. Aber diese große Kulturmacht ist auf einem beschränkten Boden groß geworden. Nur Europa und Europas Tochtervölker haben sich mit der Wissenschaft ganz verbunden; von hier aus hat sie ihren Weg in westlicher und nördlicher Richtung gemacht. Kulturvölker Süd- und Ostasiens, die blühten, als in Griechenland die Wissenschaft entstand, sind auf ihrem damaligen Standpunkte stehen geblieben. Ihre Kultur ist groß in Künsten und Fertigkeiten, doch fehlt ihr das vorwärtstreibende Element der Forschung; sie ist daher unbeweglich. Ihre Leistungen sind groß auf dem materiellen, erstaunlich auf dem künstlerischen, verschwindend auf dem geistigen Gebiete. Solcher Art waren die ägyptische, die babylonisch-assyrische, die altpersische, die chinesische Kultur, und ähnlich waren die Kulturen von Peru, Yukatan und Mexiko. Man nennt sie alle Halbkulturen, weil sie auf dem halben Wege zur Vollkultur stehen blieben.

Ein japanischer Schreiber. Nach Photographie.

Das Größte, was die Wissenschaft zu der Kulturhöhe der Gegenwart beigetragen hat, ist kein einzelner Gewinn, sondern die unser ganzes Leben durchdringende, gestaltende und rastlos weiter bildende Geistesfreiheit. Das ist mehr als eine Errungenschaft; es ist eine Kraft. Diese Geistesfreiheit läßt keinen Stillstand zu, sie umgibt mit einer scharfen, anregenden, ja antreibenden Atmosphäre unser ganzes Leben, alles wird unter ihrem Einfluß beständig erneuert und umgestaltet, sie ist es wesentlich, die bewirkt, daß der Besitz der höchsten Kultur nicht das Innehaben und Festhalten eines Schatzes von schönen und nützlichen Dingen ist, sondern ein Getriebenwerden von mächtigen Kräften. Wohl nennen wir uns Kulturträger, aber das ist eine unbewußte Selbstgefälligkeit. Die Kultur trägt uns und läßt uns nicht verweilen. Wer kann den bewegenden Kräften, z. B. der Wissenschaft oder dem Verkehr, Schranken ziehen? Geschieht das einmal mit Erfolg, der freilich immer nur vorübergehend sein kann, dann hört die Kultur auf, sich zu vollenden, wird Halbkultur.

Nicht weniger gehört zur Kennzeichnung der Stellung des Kulturmenschen in der Welt auch seine Auffassung der Religion. Mitten in der umfassendsten geistigen Thätigkeit trifft er

auf die Grenzen des Geistes und erkennt auf allen Stufen der Entwickelung die Berechtigung der uralten Auffassung eines geistigen Wesens jenseits dieser Grenzen an. Die Religion, die auf tieferen Stufen alles geistige Leben umfaßt und leitet, hat später die Wissenschaft, die Poesie und die Kunst aus ihrer Führung entlassen müssen, aber eine gewaltige Macht über die unbegrenzten Weiten bewahrt, wo unsere Sinne nicht hinreichen. Es ist nicht so, wie man bei flüchtiger Erwägung dieser Dinge wohl wähnen mag, daß mit dieser Trennung die Wissenschaft immer höher gestiegen sei, die Religion in mythischen Niederungen zurücklassend. Gegenüber der Unendlichkeit, die uns umgibt, bedeutet keine Erweiterung unseres Gesichtskreises und keine Vertiefung unserer Erkenntnis einen seelischen Gewinn; je weiter sich die Grenzen des Sichtbaren und Erkennbaren hinausrücken, desto kleiner erscheint uns diese Welt im Vergleich mit der jenseitigen, um so vorübergehender und unbedeutender unser Dasein, auf das nur um so tiefer die Schatten der Ewigkeit fallen. Wir sind also nicht bestimmt, jemals aus dem Banne der Empfindungen herauszutreten, welche die Religion geschaffen haben. Wir verkleinern nicht das Gebiet der Religion durch die Erweiterung des Gebietes der Erkenntnis; wir können nur die Grenzen zwischen Wissen und Glauben schärfer ziehen, und gerade in diesen Grenzverschiebungen liegt ein großer Teil geistiger Arbeit, die für die Wissenschaft und von ihr geleistet worden ist.

Auch die Formen der Religion sind auf der Erde noch sehr verschieden, und der Geograph zeichnet Religionskarten, so wie er Sprachenkarten zeichnet. Solche Karten sind immer zugleich auch Kulturkarten und politische Karten, insofern die Formen der Religion an bestimmte Kulturstufen geknüpft sind und kleine Unterschiede der Konfessionen große politische Wirkungen ausüben. Das bedingt auch die enge Verbindung der religiösen Missionen mit der Ausbreitung bestimmter Kulturformen, wobei man nicht bloß an die christlichen, sondern auch an die mohammedanischen und buddhistischen Missionen zu denken hat. Die Hälfte der gegenwärtigen Menschheit bekennt sich zu den Religionen Süd- und Ostasiens, besonders Brahmanismus und Buddhismus, ein Drittel zum Christentum, ein Achtel zu andereren Formen des Monotheismus; der Rest besteht aus Anhängern niederer Glaubensfomen, Heiden im gewöhnlichen Sinne.

Der ganze Komplex der Kultur wirkt völkerbildend, indem jedes Volk seine eigentümlich gefärbte Kultur entwickelt, sich damit durchdringt und so in seiner Volkspersönlichkeit auch ein Stück Kultur verkörpert. So folgten der Religion bei den Griechen die Poesie und Kunst als Repräsentanten und zugleich als Förderer der nationalen Einheit. Seitdem Athen den Griechen ihren Homer so vollständig und urkundlich wie möglich vermittelte, waren geistige Elemente in seinem politischen Einfluß. Dagegen fehlte Spartas politischer Macht über Griechenland die Grundlage der geistigen Macht; ohne geistiges Leben unterschätzte Sparta die geistigen und sittlichen Mächte. Athen überschätzte sie, und da es als Weltstadt Weltkunde und Weltumfassung förderte, so schliff es den Gegensatz zwischen Hellenen und Barbaren ab, ohne den politischen Nutzen daraus zu ziehen, den später Rom aus einem ähnlichen Prozeß gewann.

Unendlich viel tiefer wurzelt die kulturliche als die politische Kraft in einem Volke. Sehr oft hat in der Geschichte die Kulturhöhe eines Volkes sich wie eine zweite stärkere Festung bewiesen, die nach dem Falle der politischen Größe unbezwungen bleibt. Wenn alle politischen Kräfte erschöpft sind, liegt in der Kulturüberlegenheit eine Quelle, die oft überraschend reich fließt. Dem politischen Sieger wird durch diese Kräfte oft eine unerwartete Niederlage auf einem Felde bereitet, wo er nicht gerüstet war. Aristoteles, der drei Jahre nach dem Zusammenbruch des freien Griechenland in der Schlacht bei Chäronea seine philosophische Schule in Athen

eröffnete, hat eine griechische Weltherrschaft begründet, die viel dauernder war und tiefere Folgen gehabt hat als die Alexanders. Die Kulturhöhe Griechenlands hatte schon Philipp von Macedonien zu einer hellenischen Politik gezwungen, welcher der Gedanke, Griechenland ebenso zu erobern, wie Thracien erobert worden war, ganz fremd war. Hier war Beute und Unterwerfung das Ziel gewesen, dort durfte es nur Anerkennung der Hegemonie, der politischen Führung sein. So beherrschte die Kultur Griechenlands die Macht, der Griechenland politisch sich beugen mußte. Die emsige Arbeit in altgewöhnten Kulturbahnen gab den Chinesen die Überlegenheit über die Mongolen und Mandschu (vgl. die Abbildung, S. 673), von denen sie leicht besiegt worden waren und noch heute beherrscht werden. Und ist nicht die antike Kultur, die unsere Väter mit überlegener Kraft einst niederwarfen, für uns Germanen die Kultur der Welt geworden?

D. Das Volk und der Staat.

Inhalt: Volk und Staat. — Staatengründer und führende Völker. — Der Krieg. — Nation und Nationalität.

Volk und Staat.

Ein Volk ist uns eine Gruppe der Menschheit, deren Glieder ursprünglich sehr verschieden sein mögen, die aber durch Gemeinsamkeit des Wohngebietes und der Geschichte einander so ähnlich geworden sind, daß sie von einer anderen Gruppe wohl unterschieden werden können. Durch diese Gemeinsamkeit der Geschichte ist ihre Kultur, ihre Sprache, oft auch ihre Religion dieselbe geworden, und durch äußere Merkmale, selbst in der Tracht, Tättowierung (s. die Abbildung, S. 668), im Hausbau (s. oben, S. 645 u. f.), will jedes Glied des Volkes seine Zugehörigkeit aussprechen. Durch das Verweilen auf demselben Boden mögen auch Einflüsse, die wir nicht näher bestimmen können, die geistige und körperliche Organisation leise berührt und unmerklich umgeprägt haben. Die politische Umprägung zu einer Nation, einem politischen Körper, kann bei solcher Vorarbeit oft rasch vor sich gehen: wir haben in wenigen Jahren den größeren Teil der seit Jahrhunderten zersplitterten Italiener und Deutschen zu großen Nationen sich vereinigen sehen. Auf der anderen Seite bieten die Griechen ein interessantes Beispiel für die Langsamkeit des Überganges manches Volkes in die Nation, den Staat. Die Griechen fühlten sich als ein Volk durch gemeinsamen Ursprung, Glauben, Sprache und Kultur gegenüber den Barbaren, das Volk war also da; aber es wurde nicht politisch verwertet, und die politische Zusammenschließung mußte aus einem Gebiete kommen, das die griechische Kultur nicht als echt griechisch anzusehen liebte, aus dem halb barbarischen Norden, Macedonien. Es machen sich hier äußere Einflüsse geltend, die wir bei den Insel- und Gebirgsvölkern (Bd. I, S. 356f. u. 700) gefunden haben, und ursprüngliche Völkereigenschaften, in deren Anfänge wir nicht mehr einzudringen vermögen. Doch erkennen wir sehr wohl den Unterschied zwischen dem in sich geschlossenen Volk, das unter bewußter Hoch- und Festhaltung seines eigentümlichen Charakters anderen Völkern gegenübertritt, und dem aufgeschlossenen, dessen Seele äußeren Einflüssen weit offen steht. Schon in den verschiedenen Graden von Nachahmungslust und -gabe, die sich z. B. beim Sprachenlernen und bei der Annahme fremder Sitten und Gebräuche zeigt, prägt sich dieser Unterschied aus. Im Inneren eines Volkes kann durch die erstere Eigenschaft jene Einheitlichkeit befördert werden, welche die Anglokelten auszeichnet, die in allen Umgebungen und Zonen dieselben bleiben; die andere erklärt die rasche Romanisierung der Westgoten oder Normannen, die in der Regel in zwei Menschenaltern sich vollzog.

Wir kennen kein Volk ohne Staat. In der reichen Entwickelung der Lebensformen der Naturvölker, die uns an eine Wiese erinnert, wo dichtgedrängt Gräser und Kräuter wachsen, wenn auch nichts über ein niederes Niveau hinausstrebt, kein Baum sich zum Himmel hebt, können auch Gesellschaft und Staat nicht fehlen und nicht einmal von ganz ursprünglicher Einfachheit sein. Man hatte schon längst geahnt, daß die rein negative Anschauung von völlig staatslosen Völkern ebenso unbegründet sei wie die ältere Ansicht von Völkern ohne Sprache oder Religion. Aber statt einer wilden Horde baut die Völkerkunde vor unseren Augen eine in ihrer Art ebenso durchgebildete Gesellschaft wie die unsere und einen für diese Gesellschaft ebenso passend gebildeten Staat wie den unseren auf, mit ganz anderer Familiengliederung, anderen Erb- und Besitzrechten, die besonders die politisch so wichtigen Rechte auf den Boden sehr eigentümlich gestalten. Wenn also heute in Afrika oder auf einer Insel des Stillen Ozeans Europäer den Keim zu einem neuen Staate legen, dürfen sie es nicht in dem Bewußtsein thun, es geschehe auf politisch jungfräulichem Boden, sondern sie setzen ihren Staat an die Stelle des hier einheimischen, eingewurzelten.

Ein tättowierter Maori. Nach Photographie von Pulman. Vgl. Text, S. 667.

Der Staat ist so alt wie die Familie und die Gesellschaft, vor denen ihn von Anfang eine engere Beziehung zum Boden auszeichnet, die wir kühnlich als eine geographische Eigenschaft bezeichnen können. Wo die Familie ein Stück Land für Siedelung und Nutzung abgrenzte und es gegen den Anspruch Fremder, gegen die Einbrüche wilder Tiere, sogar gegen die Überschwemmung eines nahen Baches abgrenzte, war die Verbindung von Volk und einem weiteren Boden geschaffen, die wir Staat nennen. Ursprünglich aus dem Schutzbedürfnis hervorgegangen, faßt der Staat zuletzt in seiner Leitung alle geographischen, sozialen und ethnischen Unterschiede in den höheren Zweck der Erhaltung des Staatsorganismus zusammen. Aber Erhaltung allein kann nicht Lebenszweck sein; die Entwickelung muß neue Kräfte schaffen, und daher die enge Verbindung des Staates mit der Gesellschaft, welche Trägerin dieser Entwickelung ist. Die Gaben, die notwendig sind, um Staaten zu bilden und zu erhalten, sind allerdings sehr ungleich verteilt. Es gibt Völker, die politisch so begabt sind, daß sie in einem weiten Umkreis alle ihre Nachbarn an Machtbereitschaft überragen; die natürliche Folge ist dann, daß sie sie politisch beherrschen. Die kulturliche Überlegenheit ist dazu durchaus nicht immer notwendig: die Griechen waren den Römern kulturlich überlegen und wurden doch politisch von diesen überragt und beherrscht. Beide Völker sind Typen, die immer wiederkehren. Es gibt aber viel größere Unterschiede. In weiten Gebieten sind die Völker politisch rein leidend, und ein thätiges Volk erwirbt sich spielend die Herrschaft über sie; in einem großen, völkerreichen Kulturlande wie Kleinasien

kennt die Geschichte der jahrhundertelangen Herrschaft Roms nur zwei politisch aktive Völker: Griechen und Kelten, und seitdem nur Griechen und Türken.

Es kann eine Rangstufe der Völker nach ihren Staatenbildungen aufgebaut werden, in der zu oberst die Europäer, zu unterst die Australier, Feuerländer und andere stehen. Wenn einige Völker von verschiedener Neigung und Gabe, Staaten zu gründen, auf demselben Boden vereinigt sind, übernimmt das politisch begabtere die Leitung. Aber entscheidend bleibt endlich doch immer die Kulturstufe des Volkes, das den Staat bildet. Davon hängen vor allem ab die Größe des Raumes und die Zahl der darauf wohnenden Menschen, also zweier entscheidenden Staatskräfte. Weiter hängt davon ab der Besitz an Machtmitteln materieller und geistiger Art und besonders die Dauerhaftigkeit der Staatseinrichtungen. Die Staaten der höchststehenden Kulturvölker sind alle geschlossen, von genau bekannten Grenzen umgeben, in denen sie sich oft viele Jahrhunderte erhalten, mit zahlreichen Einrichtungen zum Schutz ihrer Bürger und zum körperlichen und geistigen Wohle derselben ausgestattet. Hochentwickelte Verkehrssysteme, Verwaltungseinrichtungen, Heeres- und Flottenkräfte sind in ihren Dienst gestellt. Die Staaten der niedrigststehenden Völker sind klein, schwach, ohne alle diese Einrichtungen, selbst ohne genau bestimmte Grenzen. Zwischen beiden stehen Völker, die politisch hochbegabt sein können, deren Machtmittel aber nicht zur Bildung eines großen Reiches hinreichen, sondern sich in ununterbrochenen Versuchen der Staatenbildung auf einem weiten Gebiete erschöpfen. Die Kulturmittel sind dann nicht auf der Höhe des Krieger- und Herrschergeistes. Ein solches Gebiet ist das Fulbegebiet im westlichen Sudân. Auch das weite Verbreitungsgebiet alter und neuer Turkvölker von der Donau bis zum Indus zeigt uns deren kriegerische Herrschaft über kulturlich höherstehende Griechen, Armenier, Perser u. s. w. in Staaten von jedem Grade von Zerfall.

Auch in der Form der Staaten zeigen sich Kulturunterschiede. Der hochentwickelte Staat ist möglichst zusammenhängend und abgerundet, nach allen Seiten bis zu natürlichen Grenzen ausgebreitet und umfaßt möglichst viele natürliche Vorteile; der eben beschriebene dagegen besteht aus zerstreuten Stücken, hat überhaupt keine bestimmte Gestalt und macht schwachen Gebrauch von den Vorteilen seiner Lage. Der Staat der Naturvölker ist nur geschlossen, weil er sich auf ein enges Gebiet beschränkt, aber eben darum unfähig zur Umfassung starker natürlicher Vorteile und zu schwach, um sich gegen einen einigermaßen stärkeren Feind zu behaupten. Daneben kommt in der Form der Staaten auch die Form der Verbreitungsgebiete der Völker zum Ausdruck, die naturgemäß in zwei große Gruppen zerfallen, deren eine die Formen des Wachstums umfaßt, während in die andere die Formen des Rückganges zu stellen sind. Zwar ist nicht von vornherein die Formeigenschaft das durchgehende Merkmal der beiden, daß die wachsenden Völker alle Vorteile eines Landes zu umfassen suchen, während den zurückgehenden die Nachteile zugeschoben werden, aber insofern die Vorteile eines Landes geographisch gelegen und gestaltet sind, prägen sie sich demgemäß auch in den entsprechenden Völkergebieten aus. So haben wir die wachsenden Völker an Küstenstreifen, auf vorgelagerten Inseln und Halbinseln, an Verkehrsmittelpunkten, in langen Doppelbändern in den Thälern der Flüsse, wie die Engländer in Asien und Australien und die Russen in Sibirien, zurückgedrängte im Inneren von Wüsten, Steppen, Waldländern. Über die Lage der Staaten zu Flüssen und zum Meere s. oben, S. 35, u. Bd. I, S. 458.

Nur den zusammenhängend und geschlossen verbreiteten Völkern kommt jene Kraft des Antäus zu, die aus dem festen Verhältnis zur eigenen Scholle entsteht, die Grundbedingung irgend eines Grades von selbständiger Entwickelung. Andere können Einfluß gewinnen, wie die Juden, die Armenier, die Araber, wo sie zerstreut unter Fremden wohnen; aber sie haben

kein eigenes Land, auf dem sie als Volk stehen, für das sie als Volk kämpfen, aus dem ihnen die Eigenart zuwächst, die aus der Verbindung eines Volkes mit seinem Boden entspringt. In den Vereinigten Staaten von Amerika bewohnen nur die weißen Nachkommen der Koloniengründer wohlumgrenzbare Gebiete, während alle späteren Einwanderer sich über das Land zerstreut und keine großen geschlossenen Verbreitungsgebiete gebildet haben. Die einst das ganze Land bewohnenden Indianer sind zersplittert. Nur in den Negern der Südstaaten scheint ein der einheitlichen Entwickelung des jungen Volkes widerstrebendes, wachsendes, mit dem Boden eng verbundenes Element sich verdichten zu wollen.

Die Völker, die so verschieden sind, daß wir sie uns übereinander geschichtet oder in Gestalt eines Stammbaumes sich verzweigend denken, wohnen auf der Erde nicht bunt und zufällig durcheinander, sondern es ist auch eine Gradabstufung nach der Güte ihrer Länder zu beobachten. Wo in einem Teile der Erde ein höher begabtes und ein weniger begabtes Volk nebeneinander bestehen, da hat jenes unfehlbar den besseren, d. h. den für die Zwecke der höheren Kultur passenderen Boden sich angeeignet. So sind in Nordamerika die Indianer vollständig aus allen fruchtbaren Gebieten verdrängt. Die höhere Kultur hat einen ausgesprochenen Zug zu höherwertigem Boden, und da sie ihren Trägern die Mittel verleiht, solchen Boden zu erwerben und auszunützen, sowohl wirtschaftlich als politisch, vereinigen sich hier zwei Quellen von Kraft zu einem Strome, dem die Halbkultur keine Dämme entgegensetzen kann. War ein Volk infolge seiner geschichtlichen Entwickelung weniger günstig mit Land ausgestattet, so bezeugt es eben zunächst darin seinen höheren Beruf, daß es seine geographische Lage verbessert: es räumt mit inneren Sonderungen auf, verbessert seine äußeren Grenzen, vergrößert seine Bodenfläche durch Eroberungen in der Nähe, erwirbt Kolonien in der Ferne.

In der Entwickelung des Staates liegt die Offenheit des Landes und die Unbestimmtheit seiner Grenzen auf allen tieferen Stufen; je dauernder aber das Volk auf seinem Boden siedelt und arbeitet und je inniger es mit ihm verwächst, um so schärfer und fester bestimmt es seine Grenze. Die alten Germanen, Kelten und Slawen schieden sich durch Grenzwildnisse, so wie noch vor wenigen Jahren die Neger Afrikas, die Sudânstaaten und die Staaten Ostasiens Wald- oder Wüstenstriche zwischen sich und ihre Nachbarn legten. Als unbewohnt gedacht, sollten diese Gebiete die unmittelbare Berührung und Reibung der Völker verhüten, und so hielten sich selbst noch China und Korea durch eine Grenzöde auseinander, deren Besiedelung streng verboten war. Wenn indessen die Staaten auf beiden Seiten schwach wurden, konnte es nicht fehlen, daß Dritte sich in den freien Raum einschoben. So ist der Kleinstaat Dar Tama in der Grenzwüste zwischen Wadai und Dar For aufgewachsen, und mit der Zeit suchte der friedliche Verkehr ebenso wie das land- und gesetzlose Räubertum die Grenzstreifen auf: daher auf der einen Seite die Unsicherheit der Grenzwildnisse, auf der anderen Seite die Lage neutraler Verkehrsplätze in denselben, die mit der Zeit von den angrenzenden Staaten geduldet, ja sogar geschützt wurden. Von weltgeschichtlicher Bedeutung wurden die Grenzwildnisse der Indianer, die den weißen Kolonisten besonders in Nordamerika das rasche Vordringen und Sichausbreiten ermöglichten und die Zurückdrängung der von allen Seiten umfaßten, über die Ausdehnung ihres Landes sich niemals vollständig klaren Indianervölkchen ungemein beschleunigten. In Mitteleuropa sind im frühen Mittelalter in die alten Grenzwälder Ansiedler gezogen und haben sich in ihnen niedergelassen; noch heute erkennen wir ihre Reste in dem Waldring, der Böhmen umgibt, und in manchem anderen alten Wald auf deutschem Boden. Nun berührten sich die Gebiete unmittelbar, und es entstand langsam die ideale Grenzlinie, die über der Erde schwebt und

durch die Reihen von Grenzsteinen, durch Grenzgräben, Grenzlichtungen und dergleichen nur symbolisiert wird. Über diese Grenzen s. die Bemerkungen im biogeographischen Abschnitt oben S. 606 u. f.

Staatengründer und führende Völker. Der Krieg.

Zwei Arten von Lebensweise und äußeren Umständen kommen ungemein oft nebeneinander vor und bedingen entsprechende Völker- und Staatentypen: das starke und das schwache, das herrschende und das gehorchende Volk. In der Gesellschaft, die Sklaven hält, liegt dieser Unterschied sehr offen da. Doch gibt es ganze Völker, die wie Sklaven von anderen beherrscht werden: die „Weiberstämme" der alten Indianer Nordamerikas, die ausgeraubten, verarmten, erniedrigten Völker in den Eroberungs- und Raubgebieten der Sulu oder in den von Arabern regelmäßig heimgesuchten Oasen der Sahara. Das sind Gegensätze, nach denen sich alle anderen Völkerunterschiede streng auf zwei Seiten ordnen: Hammer und Amboß, führende Völker und gehorchende Völker. Tief reichen in die Geschichte europäischer Völker die Vorstellungen von dem höheren Wert jedes einzelnen Gliedes eines herrschenden Volkes; wo in Britannien der Sachse und der Kelte beisammen wohnten, galt jenes Leben mehr als dieses. Für die Staatenbildung hat dieser Unterschied die Folge, daß das stärkere Volk das schwächere führt und beherrscht; jenes gründet den Staat, der nach außen schützt, aber im Inneren zugleich zur Ausbeutung des schwächeren eingerichtet ist. So entsteht ein Staat aus mehreren Völkerschichten.

Seitdem es eine Geschichte gibt, die von verschiedenen Völkern und Staaten in Wetteifer und Wechselwirkung gemacht wird, ist immer die Frage gewesen, welches Volk die Führung übernehme in der Vorwärtsbewegung auf wirtschaftliche, politische, allgemein kulturliche Ziele. Dieses bahnt den anderen den Weg, gibt ihnen das Beispiel des Vorschreitens und übt dadurch den mächtigsten Einfluß auf sie aus. Bald nimmt dieser Einfluß politische Formen an, wie bei den Römern, die sich und ihren Staat als etwas über allem Fremden Stehendes betrachteten, bald geistig-kulturliche, am häufigsten aber wirtschaftliche Formen. Das wirtschaftliche Übergewicht ist sehr oft die Grundlage des kulturlichen und des politischen; die Beispiele liegen in der Entwickelung aller Seemächte seit Phönikien und Athen, in keiner aber so großartig wie in der Großbritanniens, das Weltmacht in der Industrie, im Handel und in der Politik gleicherweise ist. Daß aber kriegerische Eigenschaft und Herrscherkraft auch wirtschaftlich rückständige Völker zur Staatengründung und -führung befähigen, zeigt China unter seinen Mandschuherrschern.

Zu den merkwürdigsten und folgenreichsten Erscheinungen in der Entwickelung Nordamerikas gehört die so frühe Herausbildung eines scharf charakterisierten Volkes im Nordosten der Vereinigten Staaten, in Neuengland, das seinen Charakter über alle die nördlichen Staaten hingetragen und in den fernsten derselben weniger empfangen als gegeben hat. Diese Landschaft hat nicht nur ihre eigenen Sitten und politischen Anschauungen, sondern auch ihren eigenen Dialekt, der eine Menge Worte und Wendungen der Sprache Chaucers und Spencers bewahrt und sich eine respektable Litteratur geschaffen hat. Hosea Biglow, der in Russell Lowells „Biglow Papers" in der eigentümlichen neuengländischen Bauernsprache jene Verurteilung der Sklaverei vorträgt, die diese Schrift zu den gefährlichsten Waffen gegen den Süden stempelte, ist eine charakteristische Figur, wie die älteste Landschaft Europas sie nicht „echter" hervorbringen könnte. In der südlichen Hälfte vertrat den staatenbildenden Typus bis 1804 der Virginier, von vornherein ein älterer Engländer als der Neuengländer; er hat eine feudale Gesellschaft nach altweltlichem Muster gegründet, während die religiöse Demokratie der Neuengländer eine neue Gesellschaft schuf. Die Sklaverei bot allen feudalen Keimen einen trefflichen Boden, und in der Zeitungssprache wird den Virginiern noch heute die 20 Jahrhunderte alte Gewohnheit des Herrschens vorgeworfen. Der nordamerikanische Bürgerkrieg hat gezeigt, wie stark die Gewohnheit des Gehorchens auf seiten der südstaatlichen Soldaten war, weil diese schon im Frieden an scharfe Klassenunterschiede

gewöhnt waren und ihre Regierung den Besitzenden anvertraut hatten; diese aber hatten die Gewohnheit und Gabe des Befehlens über unbedingt gehorsame Sklavenscharen und zugleich ihrer Verwaltung und Verpflegung. Unter den Russen ist der Großrusse der politische, der Kleinrusse der künstlerische Zweig. Dieser Unterschied zwischen den beiden kehrt in Sibirien wieder, wo wir dem Großrussen als dem eigentlich leitenden Kolonisten begegnen. Bezeichnend ist es, daß die großrussischen Gouvernements sich am längsten der Aufhebung der Leibeigenschaft widersetzten! Wer bei Zöller („Pampas und Anden") die Bemerkung liest „Gegenüber dem sanften, unselbständigen Peruaner aus den niederen Volksschichten erscheinen alle Chilenen als rauh, selbstbewußt und trotzig", erblickt zwei Typen, die sich im ganzen spanischen Amerika wiederholen; ihre Wurzeln reichen bis nach Europa herein, wo sie im Nord- und Südspanier, im Gallego und Andalusier liegen.

Die griechische Staatsidee stand ganz unter der Herrschaft einer Völkerschichtung nach der wirtschaftlichen Kraft; aber deren Unterlage war auch hier ethnisch. Aristoteles sprach sicherlich die Meinung der Mehrheit seiner Landsleute aus, wenn er die Leibeigenschaft als eine notwendige Voraussetzung des freien Bürgertums ansah. Die Leibeigenschaft der Heloten und Verwandten war aber Wirkung und Denkmal der Massenunterwerfung der früheren Einwohner von Hellas durch die Übermacht eines neu eingewanderten Volkes, der Dorier. So waren die hellenischen Verfassungen eine Folge der dorischen Wanderung, die einen großen Besitzwechsel bewirkt hatte. Wie der Grundsatz dieser Schichtung als Selbstüberschätzung der Hellenen gegenüber den Barbaren auf die auswärtigen Beziehungen einwirkte, ist bekannt; er hat unzweifelhaft wesentlich dazu beigetragen, sie den Maßstab für ihre eigene politische Stellung verlieren zu lassen. Gaben doch die Athener vor, zu glauben, man könne nicht einmal gute Sklaven aus den Macedoniern machen. Als ob ein Volk nach seiner Sklavenbegabung zu messen sei! Was Aristoteles dem Alexander empfahl, den Hellenen ein Herrscher, den Barbaren ein Herr zu sein, jene als Freunde und Genossen, diese wie nutzbare Tiere und Pflanzen zu betrachten, kennzeichnet den Geist des griechischen Staates.

Woraus sich die Überlegenheit eines in Innerafrika staatengründenden Negervolkes zusammensetzt, zeigen uns die staatsumwälzend in das Lundareich eingedrungenen Kioko (Kioque, Kiboque der Portugiesen), denen hauptsächlich drei Eigenschaften den Weg gebahnt haben. Sie sind gute Jäger, und gerade ihre Wanderzüge sind es, die sie am weitesten nach Osten geführt haben; sie sind ebenso gewissenlose als verschlagene Händler, die es meisterhaft verstehen, die gutmütigeren und trägeren Kalunda zu übervorteilen und zu verdrängen; sie haben sich endlich als Schmiede einen besonderen Ruf erworben, verfertigen nicht allein gute Beile, sondern verstehen auch zerbrochene Steinschloßgewehre in stand zu setzen. Als Jäger und Schmiede finden sie wandernd ihren Erwerb und tauschen stets, ehe sie heimkehren, einen Teil ihrer selbstverfertigten Gewehre gegen Sklaven um, die sie in ihre Heimat mitführen, und durch die sie ihren Reichtum, eventuell auch ihre Macht vermehren. Sie breiteten sich aus, machten sich unentbehrlich und sammelten Reichtümer, welche in jenen Verhältnissen Macht sind: darauf bauten sie ihre politischen Erfolge auf.

Krieg wird bei allen Völkern geführt, aber mit dem großen Unterschiede, daß er bei Völkern von tiefem Kulturstand andauert, von seltenen Friedenspausen unterbrochen, während er auf höheren Kulturstufen gewittergleich losbricht, verwüstet und vorüberzieht. Dort sind alle Männer eines Stammes bewaffnet, gehen immer in Waffen und können in der Regel nur mit Lebensgefahr die Nachbargebiete betreten; hier wird das Waffentragen Recht oder Pflicht einer Minderheit, und diese ist nicht selten volklich verschieden von dem Reste des Volkes. Je tiefer wir in der Reihe der Völker hinabsteigen, um so ausgesprochener sind die führenden Völker kriegerische Völker. Das ansässige Volk ruht und erschlafft; von außen müssen die Krieger kommen, die es aufrütteln, um dann, wenn sie zur Herrschaft gelangt sind, gleichfalls zu erschlaffen. Das Schicksal kriegerischer Eroberer, daß sie im Genusse der Macht von anderen kriegerischen Eroberern abgelöst werden, wie die Mongolen in China und Indien, die Araber in Ägypten,

die Türken in Südosteuropa, hat sich unendlich oft wiederholt. Das merkwürdige Beispiel einer vollständigen Erstickung des kriegerischen durch den religiösen Geist liefern die Mongolen. „Mongolen gibt es nicht mehr“, sagte der Kaiser Kienlong, „ihre Priester haben sie gezähmt.“ Auch das wüsten- und meerumsäumte Ägypten zeigt uns eine Kriegerkaste aus libyschen Soldaten, also Fremden, die sich des Einflusses im Staat etwa im 10. Jahrhundert v. Chr. bemächtigt hatten. Eine sonderbare Nebenerscheinung, gleichsam ein letzter Ausläufer dieser Erscheinung, ist die Übertragung fremder kriegerischer Einrichtungen und mehr noch Äußerlichkeiten von unterworfenen Barbaren auf ihre Sieger. Alexander Severus ahmte samt Offizieren und Beamten germanische Tracht und Gebaren nach. Die Kosaken und die nordamerikanischen Scouts sind moderne Beispiele.

Ein Mandschu. Nach Photographie von Stauß. Vgl. Text, S. 671.

In unserer Zeit gibt es in ganz Europa und in weiten Gebieten der anderen Erdteile kein ungerüstetes Volk. Das war einst ganz anders, wo starke Staaten, von Kriegerkasten geleitet, neben weiten Gebieten lagen, in denen zersplitterte, ungeschützte Völker wohnten. Damals konnte ein kriegerisch zusammengefaßtes Volk die Welt erobern. Besonders die Nomaden, die sozusagen immer mobilisiert sind, waren dadurch viel mächtiger als heute; das ist die Zeit ihrer großen politischen Erfolge, in der sie zivilisierten Nationen gefährlich wurden „wie die Meereswoge und die Windsbraut“, wie Mommsen von den Kimbern sagt. Kelten

und Germanen vermochten durch eine rohe, aber wirksame kriegerische Organisation die gefährlichsten Feinde der zivilisierten Nationen zu werden, an deren Seite sie lebten, und die Wikingerzüge zeigen Skandinavien im Angriffskrieg gegen ganz Europa siegreich. Das Deutsche Reich mit einer Friedensarmee von 600,000 Mann, die im Kriegsfalle sich vervierfachen kann, einer Kriegsflotte mit 1700 Geschützen, über 100 Torpedobooten und 32,000 Leuten Bemannung und einem Aufwand von 880 Millionen Mark (fortlaufende und einmalige Ausgaben im Jahre 1901/1902) zeigt das Gewicht des Schutzmotivs in einem modernen Kulturstaat.

Nation und Nationalität.

Diese Wörter gleichen Ursprungs bezeichnen Ungleiches. Die Nation ist ein Volk in politischer Selbständigkeit, oder fähig dazu; die Nationalität ein politisch unselbständiger Teil eines Volkes. Eine unterdrückte Nationalität ist etwas anderes als eine unterdrückte Nation. Man kann sagen, die deutsche Nation war durch Napoleon unterdrückt, und die deutsche Nationalität ist in Rußland unterdrückt. Die beiden Worte lassen sich aber in diesem Sinne nicht umstellen. Freeman sagt „eine unterdrückte Nationalität ist eine Nation, deren Unterdrückung die besondere Form annimmt, daß sie nicht mit ihrem Anspruch rechnet, als Nation behandelt zu werden". Diese Erklärung ist unvollständig. Die Litauer oder Slowenen sind keine Nation; die Polen aber haben, als Nation unterdrückt, die Ansprüche einer solchen, und mit diesen Ansprüchen müssen die drei Staaten Rußland, Österreich und Deutschland, welche polnische Elemente unter ihren Nationalitäten umschließen, ernsthaft rechnen. Rechnet nicht England mit dem Anspruch der Iren, als eine besondere Nation auf ihrer grünen Insel behandelt zu werden? Es gewährt diesen Anspruch nicht, weil eine irische Nation in einer britischen nicht möglich ist; aber es kann ihn auch nicht aus der Welt schaffen.

Nation ist kein genealogischer Begriff mehr. Nur in den uralten Staaten, deren Umfang nicht weit über den eines Dorfes hinausging, mochten sich alle Bewohner bona fide als blutsverwandte Nachkommen eines einzigen Ahnen fühlen; da gab es keinen Unterschied zwischen Nationen und Nationalitäten. Ähnlich kann in mancher abgelegenen Kolonistengemeinde Amerikas, Australiens oder Sibiriens die Abkunft von einigen wenigen bekannten Ahnherren und Ahnfrauen mit Grund behauptet werden. Solche Vorstellungen sind aber nur auf engem Raum und auch da nur für kurze Dauer möglich. Verkehr und Krieg machen mit der Zeit die Reinhaltung des Blutes unmöglich. Daher haben die Annahmen von der Abstammung von Äneas oder Mannus etwas Mythisches und werden nur von den naivsten Menschen für etwas mehr als willkürliche Behauptungen von höchstens symbolischem Wert gehalten. Bei größeren und älteren Völkern kann sogar die Abstammung von einer Rasse nicht mehr voll aufrecht erhalten werden. Nur die Bevölkerungen mittlerer und kleinerer Staaten Europas sind ganz oder fast ganz Teile eines einzigen Volkes: so die der Niederlande, Luxemburgs, Portugals, Dänemarks, Schwedens (26,000 Finnen und Lappen), Norwegens (30,000 Lappen und Quänen), Griechenlands, Rumäniens. England und Frankreich mit 5 Prozent Kelten, Basken, Vlämen, Deutschland mit seinen 10 Prozent Slawen, Dänen, Franzosen u. s. w. sind schon ausgesprochene Mehrheitsstaaten. In ihnen gewinnen nicht durch ihre Zahl, sondern durch ihre Lage und Anlehnung an fremde Stammverwandte die Minderheiten unter Umständen eine gewisse Bedeutung. Die Minderheiten von 26 Prozent in Bulgarien, 15 Prozent in Serbien sind schon beträchtlicher. Belgien mit 46 Prozent Vlämen und 43 Prozent Franzosen, die Schweiz mit 70 Prozent Deutschen, 22 Prozent Franzosen und 5 Prozent Italienern, Österreich-Ungarn

mit 25 Prozent Deutschen, 18 Prozent Magyaren, ebensoviel Tschechen, 9 Prozent Polen u. s. w., die europäische Türkei, wo Türken, Albanesen und Griechen sich zu ziemlich gleichen Teilen in drei Vierteile der Bevölkerung teilen, sind nur noch Konglomerate. Aber jeder von diesen Staaten stützt sich auf ein Volk, das die Mehrheit in seiner Bevölkerung oder den Hauptanteil an seiner Begründung und dadurch ein geschichtliches Gewicht hat; er kann deswegen doch den anderen Nationalitäten große Freiheit lassen. Es ist z. B. nicht zu bezweifeln, daß die Schweiz geschichtlich und nach ihren Staatseinrichtungen wesentlich ein deutscher Staat ist, wie hoch auch theoretisch die Gleichberechtigung der zwei anderen Nationalitäten gestellt werden mag. Dabei ist die Schweiz ein seltenes Beispiel von wesentlich einmütigem Zusammenwirken aller ihrer Volksbruchstücke zur Erhaltung des Staates, wogegen in den meisten anderen gemischten Staaten die nationalen Minderheiten den Mehrheiten grollend gegenüberstehen. Auf tieferen Stufen aber ist in der Regel nur ein Volk politisch thätig, während die anderen macht- und einflußlos daneben stehen. Hält in den europäischen Ländern die Gemeinsamkeit der Kultur, oft unterstützt von religiöser Übereinstimmung oder wenigstens von einer Verkehrs-, Armee- oder Staatssprache, das Volk eines Staates zusammen, so finden wir auf tieferen Stufen viel heterogenere Elemente zu einem Staate vereinigt.

Es besteht die irrige Meinung, ein Volk sei in jeder Beziehung um so stärker, je einheitlicher es sei. Gerade in den Völkern, die das Höchste leisten, arbeiten, wie wir gesehen haben, ganz verschiedene Rassen und Nationalitäten an der politischen und oft noch viel mehr an der wirtschaftlichen Gesamtleistung mit. Alle westromanischen Staaten Europas wären schwächer ohne die germanischen Zusätze, und zu dem, was Preußen für Deutschland geleistet hat, haben auch die slawischen Elemente der transelbischen Länder wesentlich mitgeholfen. Die wirtschaftliche Leistung Rußlands würde ohne Deutsche und Juden geringer sein. Die Beiträge, die nomadische Eindringlinge und Usurpatoren zur politischen und besonders militärischen Kraft mancher Völker geliefert haben (s. oben, S. 657), sind sicherlich nicht zu unterschätzen. Die Herrschenden waren in allen asiatischen Reichen immer nur Bruchteile, die mit dem Reste ihrer Staatsgenossen entweder Krieg führen oder sich vergleichen oder, was asiatischen Neigungen am meisten entspricht, dieselben in eine mittlere Stellung versetzen, wo, je nach Umständen, beides geschieht. Aus solchen Verhältnissen erklären sich die mit fremden Völkern angefüllten Grenzprovinzen, über deren Zusammengehörigkeit mit diesen Reichen früher die größten Zweifel bestanden, da sie oft nur symbolisch bethätigt oder von mehreren Nachbarreichen gleichmäßig beansprucht wurde. Erst die europäischen Eroberungen und Ansprüche haben dort mehr Klarheit geschaffen. Die hinterindischen Staaten umschließen jeder mehrere Völker, von denen eines im Vordergrund steht, während die anderen, unbekümmert um den Staat, fern vom Mittelpunkt leben und wieder andere nur als Fremde geduldet werden. Siam, dessen Hauptstadt bezeichnenderweise fast zur Hälfte mit Chinesen bevölkert ist, hat unter etwa 6 Millionen nur 2,5 Millionen Siamesen.

Das Bild, das Mommsen im Eingang seines vierten Buches von der Völker- und Kulturbewegung Iberiens im zweiten vorchristlichen Jahrhundert entwirft, zeichnet die Zustände der werdenden Staaten in allen außereuropäischen Ländern und in Osteuropa: Iberer und Kelten, Phöniker, Hellenen und Römer mischten sich hier bunt durcheinander. Gleichzeitig und vielfach sich durchkreuzend, bestanden dort die verschiedensten Arten und Stufen der Zivilisation, die altiberische Kultur neben vollständiger Barbarei, die Bildungsverhältnisse phönikischer und griechischer Kaufstädte neben der aufkeimenden Latinisierung, die namentlich durch die in den Silberbergwerken zahlreich beschäftigten Italiker und durch die starke stehende Besatzung gefördert ward.

Wo eine Nation aus verschiedenen Rassen besteht, spricht man nicht mehr von Nationalität, sondern von Rasse oder Farbe, letzteres in der amtlichen Statistik der Vereinigten Staaten von Amerika, die uns 1890: 55 Millionen Weiße und 7 2/3 Millionen Farbige angab. Unter den Farbigen wurden dann wieder als „Rassen" 7½ Millionen Neger und Mulatten, ferner Indianer, Chinesen, Japaner unterschieden.

Die Nationalitäten unterscheidet man nach der Sprache, die aber ein sehr unvollkommenes, trügerisches Kennzeichen ist und jedenfalls nicht allein die Nationalität bestimmen kann. Nach einer Definition des Baron Eötvös ist die Nationalität vielmehr eine Gefühlssache. Wie sehr dies mit den Thatsachen stimmt, beweisen am besten die rasche Bekehrung vieler Individuen zu einer Nationalität, der sie vorher fremd waren, die epidemische Verbreitung der Begeisterung für eine Nationalität, von derjenigen, welche sich jetzt zu ihr bekennen, vor wenigen Jahren noch „keinen Gebrauch" machten, die Beschränkung dieses Gefühles auf die von Zeitströmungen leichter berührten „Gebildeten", das Unpraktische und Unklare der Nationalitätspropaganda, die sich an schöne Litteratur, Kunst, Theater, selbst an die Mode wendet, während sie den wichtigen Aufgaben der praktischen Politik, besonders denjenigen des Staatszusammenhaltes und des wirtschaftlichen Schaffens, den Rücken kehrt, wofür nicht bloß das Griechentum des 19. Jahrhunderts starke Belege geliefert hat.

Nur auf nationale Gefühle von großer Stärke, erheblicher historischer Begründung, weiter Verbreitung, die zudem nicht zu jung sind, kann eine praktische Politik sich stützen. Bei der Beurteilung der Zukunft einer Nationalität werden nun gerade die so leicht faßbaren geographischen Eigenschaften des Raumes und der Lage am häufigsten übersehen, wogegen der Sprache an und für sich ein viel zu großes Gewicht beigelegt wird. Die Ausbreitung einer Sprache kann aber nicht das letzte Ziel einer Politik sein. Die Sprache ist nur ein Werkzeug des Geistes; sie als den Geist selbst zu fassen, ist ein gefährlicher Irrtum. Hierin liegt der Grund für die Hohlheit und Erfolglosigkeit einer nationalen Politik, die nur danach strebt, Proselyten ihrer Sprache zu machen. Sie wird immer einsehen müssen, daß das Entscheidende nicht die Sprache ist, sondern das, was diese trägt und ausspricht, im Staate speziell der politische Geist und Wille und das kulturliche Können.

* * *

Nachdem wir in dem Werke, an dessen Ende wir stehen, die Umfassung der ganzen Erde als eine große Errungenschaft der Menschheit und als Ziel und Aufgabe der Geistesarbeit jedes einzelnen von uns kennen gelernt haben, werden wir nicht bereit sein, in die Übertreibung der nationalen Idee einzustimmen, von der unsere Zeit so berauscht ist, daß sie glaubt, das Weltbürgertum sei zum Gerümpel geworfen. Es ist eine der auffallendsten Erscheinungen dieser Zeit, dieses Übersehenwollen aller der Kräfte, die über das Nationale hinausstreben. Gerade unserer Zeit! Man spricht von Weltkenntnis, Weltverkehr und Weltpolitik und sucht dabei ängstlich jeden Anschein zu vermeiden, als ob dem die Welt umspannenden Blick die nationalen Schranken einmal zu eng werden könnten. In dem Fortschritt der Kultur, dem Wachsen der Bildung, des Verkehrs, der Staaten liegt aber offenbar eine Tendenz zum Weltbürgerlichen. Für den Handel und Verkehr, für die geistigen Interessen, besonders aber für das Christentum als Weltreligion will man durchaus keine Schranken anerkennen, ihnen soll die ganze Welt offenstehen; neuerdings hat sich auch der politische Horizont in demselben Sinn erweitert. Glaubt man nun auf die ganze Erde und die ganze Menschheit zu wirken, ohne Rückwirkungen zu empfangen? Das geht gegen alle Erfahrung. Wer auf die Völker wirkt, erfährt auch Wirkungen von den Völkern. Und diese Rückwirkungen beginnen schon bei der Vorbereitung, denn um auf Völker wirken

zu können, muß man sie kennen lernen. Man muß mindestens ihre Sprache kennen, und mit der Sprache dringt man in den Geist ein; man muß aber darüber hinaus in Lage und Klima, Sitten und Gebräuchen eines Volkes Bescheid wissen, mit dem man verkehren will. Die Zeiten sind vorbei, wo der Kaufmann durch Dolmetscher verkehrte, und wo der ganze Handel mit einem reichen Lande wie Japan von einer kleinen Insel aus gleichsam auf Entfernung geführt wurde. Unbeirrt von Theorien hat vor allem unser deutscher Kaufmannstand seit langem gethan, was der gesunde Menschenverstand vorschreibt: er hat Länder und Völker studiert, Sprachen gelernt.

Das Streben nach nationaler Abschließung steht aber gerade darum in einer engen Beziehung zu diesem weltumfassenden Zuge unserer Zeit, weil es ihm widerspricht; es ist der Rückschlag davon. Wir fühlen die elementare Macht des Naturgesetzes in diesem Strome der Weltinteressen; wir müssen hinein und ihm folgen, wollen uns aber zugleich zusammenhalten, damit er uns nicht auseinanderreißt und fortreißt: daher dieser Widerspruch, dessen sich jeder von uns bewußt wird, der in sich selbst und in seine Zeit schaut. Es muß ein Hauptanliegen der modernen Bildung sein, diesen Widerspruch zu mildern; auflösen kann ihn niemand, so wenig wie irgend eine Macht die Völker heute so voneinander isolieren könnte, wie sie alle vor Jahrtausenden isoliert gewesen sind. Der verständnisvollen Pflege des nationalen Geistes soll die Anerkennung der notwendigen weltbürgerlichen Elemente in unserer Bildung keinen Eintrag thun. Die Geographie und besonders die Anthropogeographie, die jedes Volk auf seinem besonderen Platze auf der Erde zeigt, auf dem es sich in natürlich begründeter Besonderheit und doch nie außer Zusammenhang mit anderen entwickelt, kann uns in Verbindung mit der Geschichte und Völkerkunde lehren, daß und wie solche Vereinigung möglich ist; sie zeigt uns die Wurzeln unserer Kraft in unserem alten Boden, weist uns aber zugleich auf die zahllosen körperlichen und geistigen Nährfäden hin, die darüber hinausstreben und die ganze Erde durchflechten. Es kann dabei nicht ausbleiben, daß neben der Liebe zu unserem Lande ein verwandtes Gefühl der Teilnahme an allem irdischen Sein und Geschehen emporkeimt. Wenn man sich dessen freut, wird man doch manchmal auch mahnend auf die Schwierigkeiten hinweisen, denen der Selbsterhaltungstrieb jeder Volkspersönlichkeit inmitten der sich noch immer weiter ausbreitenden und vertiefenden geschichtlichen Bewegungen begegnet.

Litteraturnachweis.[1]

Handbücher und Anleitungen.

Hoffmann, Friedrich: Physikalische Geographie. Berlin 1837.
Studer, B.: Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie. 2 Bde. Bern 1844, 1847.
Bischof, G.: Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 3 Bde. u. Supplement. Bonn 1863—71.
Marinelli, G.: La Terra, Trattato popolare di Geografia Universale. Mailand 1887—90.
Lapparent, A. de: Leçons de la Géographie physique. Paris 1896.
Supan, A.: Grundzüge der physischen Erdkunde. 2. Aufl. Mit Abbildungen und Karten. Leipzig 1896.
Wagner, Hermann: Lehrbuch der Geographie. 6. Aufl. Hannover 1894—99. 1. Bd.
Günther, S.: Lehrbuch der Geophysik und physikalischen Geographie. 2. Aufl. 2 Bde. Stuttgart 1897, 1899.
Hann, Hochstetter, Pokorny: Allgemeine Erdkunde. 5. Aufl. bearbeitet von J. Hann, E. Brückner und A. Kirchhoff. Leipzig 1899, 3 Bde. (s. bei den Namen der Bearbeiter).
Richthofen, F. von: Führer für Forschungsreisende. Berlin 1886.
Kirchhoff, H.: Anleitung zur deutschen Länder- und Volksforschung. Stuttgart 1889.
Neumayer, G.: Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen. 2 Bde. 2. Aufl. I. 1888. II. 1895.
Ostwald, W.: Naturphilosophie. Leipzig 1901.

Vorgeschichte und Geschichte der Erdkenntnis.

Berger, Hugo: Geschichte der wissenschaftlichen Erdkunde der Griechen. Leipzig 1887—93.
Peschel, O.: Geschichte der Geographie bis auf A. von Humboldt und K. Ritter. 2. Aufl. bearbeitet von S. Ruge. München 1878.
Vivien de St.-Martin: Histoire de la Géographie. Mit Atlas. Paris 1873.
Kretschmer, K.: Die physische Erdkunde im christlichen Mittelalter. Pencks Geographische Abhandlungen, IV, 1890.
— Die Entdeckung Amerikas in ihrer Bedeutung für die Entwickelung des Weltbildes. Mit Atlas. Berlin 1892.
Egli, J. J.: Nomina Geographica. 2. Aufl. Leipzig 1892.

Die Erde und ihre Umwelt.

Günther, S.: Handbuch der mathematischen Geographie. Stuttgart 1890.
Newcomb-Vogel: Populäre Astronomie. 2. Aufl. Leipzig 1892.
Pfaff, F.: Die Entwickelung der Welt. Heidelberg 1883.
Koken, E.: Die Vorwelt und ihre Entwickelungsgeschichte. Leipzig 1893.
Klossovsky, A.: Vie physique de notre planète. Odessa 1899.
Thomson, W.: On Geological Time. Lectures and Addresses. II. London 1894.

[1] In diesem Litteraturverzeichnis sind die wichtigsten Werke und Aufsätze genannt, denen der Verfasser dieses Buches verpflichtet ist, und die er seinen Lesern zum eingehenderen Studium der Geographie und zum Teil auch zur Klärung über diejenigen Fragen empfiehlt, deren Diskussion noch offen ist.

Bonney, T. G.: The Foundation-stones of the Earth-crust. London 1888.

Hergesell, G.: Die Abkühlung der Erde und die gebirgsbildenden Kräfte. Beiträge zur Geophysik, II, Stuttgart 1895.

Ratzel, F.: Die Kant-Laplacesche Hypothese und die Geographie. Petermanns Mitteilungen, 1901.

Die Wirkungen aus dem Innern der Erde.

von Hoff: Geschichte der durch die Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. 5 Bde. Gotha 1822—41.

Lyell, Charles: Principles of Geology. 2 Bde. 1. Aufl. 1833. 12. Aufl. London 1876.

Sueß, E.: Das Antlitz der Erde. 2. Aufl. 3 Bde. Wien 1892—1901.

Fritsch, Karl von: Allgemeine Geologie. Stuttgart 1888.

Credner, Hermann: Elemente der Geologie. 8. Aufl. Leipzig 1902.

Dana, J. D.: Manual of Geology. 4. Aufl. New York 1895.

Lapparent, A. de: Traité de Géologie. 3. Aufl. Paris 1893.

Neumayr, M.: Erdgeschichte. 2. Aufl. bearbeitet von Uhlig. Leipzig 1895.

Berghaus-Zittel: Atlas der Geologie. Gotha 1892.

Huyssen: Die Tiefbohrung im Dienste der Wissenschaft. Verhandlungen des VIII. Deutschen Geographentages, Berlin 1889.

Poulett Scrope, G.: Über Vulkane. Berlin 1872.

Reiß, W., und Stübel, A.: Geschichte und Beschreibung der vulkanischen Ausbrüche bei Santorin. Heidelberg 1868.

Dölter, C.: Die Vulkane der Kapverden. Graz 1883.

Dutton, Ch.: Hawaiian Volcanoes. Report U. S. Geol. Survey. Washington 1884.

von Höhnel, Sueß, E. u. A.: Beiträge zur geologischen Kenntnis des östlichen Afrika. Denkschriften der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften, Wien 1891.

Kohlschütter, E.: Die Grabenländer im nördlichen Deutsch-Ostafrika. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin 1901, XXXVI.

Meyer, Hans: Der Kilimandjaro. Berlin 1900.

Follmann, O.: Die Eifel. Stuttgart 1894.

Gruber, C.: Das Ries. Stuttgart 1900.

Sapper, K.: Über Gebirgsbau und Boden des nördlichen Mittelamerika. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 127, 1899.

Hörnes, R.: Erdbebenkunde. Leipzig 1893.

Mill, J.: Seismology. London 1898.

Yamasaki, N.: Das große japanische Erdbeben vom 31. August 1896. Petermanns Mitteilungen, 1900.

Rudolph, E.: Über submarine Erdbeben und Eruptionen. Beiträge zur Geophysik, I, II, III, 1887, 1895, 1898.

Heim, A.: Mechanismus der Gebirgsbildung. Mit Atlas. Basel 1878.

De Margerie, E., et Heim, A.: Les Dislocations de l'écorce terrestre. Zürich 1888.

Brückner, E.: Über die angebliche Änderung der Entfernung zwischen Jura und Alpen. Jahresbericht der Geograph. Gesellschaft, Bern 1893.

Lehmann, R.: Über ehemalige Strandlinien in Norwegen. Halle 1879.

Hilber: Geologische Küstenforschungen zwischen Grado und Pola. Sitzungsbericht der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften, Wien. Mathem.-Naturw. Klasse, 1889.

Sandler, Ch.: Strandlinien und Terrassen. Petermanns Mitteilungen, 1890.

Sieger, R.: Seeschwankungen und Strandverschiebungen in Skandinavien. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin 1893.

Land und Wasser, Festländer und Inseln.

Wagner, H.: Areal und mittlere Erhebung der Landflächen. Beiträge zur Geophysik, II, Stuttgart 1895.

Heiderich, F.: Die mittleren Erhebungsverhältnisse der Erdoberfläche. Wien 1891.

Hettner, A.: Die Typen der Land- und Meeresräume. Ausland, 1891.

Karstens: Eine neue Berechnung der mittleren Tiefe der Ozeane. Kiel 1894.

Richthofen, F. von: Über Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Morphologie Ostasiens Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, Berlin. Physik.-Mathem. Klasse, 1900.

Forster, Reinhold: Bemerkungen über Gegenstände der physischen Erdbeschreibung auf einer Reise um die Welt. Wien 1787.

Buch, L. von: Physikalische Beschreibung der Kanarischen Inseln. Berlin 1825.

Kirchhoff, A.: Das genetische Inselsystem. Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie, III, 1882.

Hahn, F.: Inselstudien. Leipzig 1883.

Naumann, E.: Bau und Entstehung der japanischen Inseln. Berlin 1885.

Träger, E.: Die Halligen der Nordsee. Stuttgart 1892.

Tittel, E.: Die natürlichen Veränderungen Helgolands. Leipzig, Diss., 1894.
Wallace, A. R.: Island Life. London 1880.
Dana, J. D.: Corals and Coral Islands. London 1885.
Langenbeck, R.: Die Theorien über die Entstehung der Koralleninseln. Leipzig 1890.
Heilprin, A.: The Bermuda Islands. Philadelphia 1889.

Die Küsten.

Buch, L. von: Reisen durch Norwegen und Lappland. 2 Bde. Berlin 1810.
Güttner, P.: Geographische Homologien an den Küsten. Leipzig, Diss., 1895.
Arldt, Th.: Der Parallelismus der Küsten von Südamerika. Leipzig, Diss., 1901.
Dinse, P.: Die Fjordbildungen. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin 1894.
Ratzel, F.: Über Fjordbildungen an Binnenseen. Petermanns Mitteilungen, 1880.
Drygalski, E. von: Ein typisches Fjordthal. Richthofen-Festschrift, 1893.
Fischer, Th.: Beiträge zur physischen Geographie der Mittelmeerländer. Leipzig 1877.
Schwind, F.: Die Riasküste. Leipzig, Diss., 1901.
Credner, R.: Die Deltas. Petersmanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 56, 1878.
Jankó, J.: Das Delta des Nil. Pest-Ofen 1890.
Weule, K.: Beiträge zur Morphologie der Flachküste. Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie, VIII, 1891 (Leipzig, Diss.).
Benzenberger, A.: Die Kurische Nehrung. Stuttgart 1889.
Ratzel, F.: Zur Küstenentwickelung. Festschrift der Geographischen Gesellschaft, München 1894.
Krümmel, O.: Die Haupttypen der natürlichen Seehäfen. Mit Karte. Globus, LX, 1891.
Jülfs, J. C., und **Balleer, F.**: Die Seehäfen des Weltverkehrs. 3 Bde. 1870, 1875, 1878.

Gesteine, Schutt und Erdboden.

Verwitterung und Erosion.

Mellard Reade, T.: Chemical Denudation and Geological Time. London 1879.
Ratzel, F.: Über Karrenfelder im Jura und Verwandtes. Leipzig 1891.
Cvijić, J.: Das Karstphänomen. Pencks Geograph. Abhandlungen, 1895.
Hassert, K.: Beiträge zur physischen Geographie von Montenegro. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 115, 1896.
Walther, J.: Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung. Abhandlungen der Königl Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, XVI, 1891.
Sokolow: Die Dünen. Berlin 1894.
Walther, J.: Das Gesetz der Wüstenbildung. Berlin 1900.
Hedin, Sven: Die geographisch-wissenschaftlichen Ergebnisse meiner Reisen in Zentralasien 1894—1897. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 131, 1900.
Heim, A.: Über Verwitterung im Gebirge. Basel 1882.
Ratzel, F.: Über Eis- und Firnschutt. Petermanns Mitteilungen, 1889.
Bergmann, A.: Der jüngste Schutt der nördlichen Kalkalpen. Leipzig, Diss., 1894.
Frech: Über Muhren. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 1898.
Ratzel, F.: Über Erdpyramiden. Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft, München 1880.
Oberhummer, R., und **Zimmerer, H.**: Durch Syrien und Kleinasien. Berlin 1899.
Müller, P. E.: Studien über die natürlichen Humusformen. Kopenhagen 1887.
Philippson, A.: Die Humusbildung (nach Wollny). Geographische Zeitschrift, III, 1897.

Bodenformen.

Lingg, H.: Erdprofil der Zone von 31—65° nördl. Breite. München 1886.
Brückner, E.: Die feste Erdrinde und ihre Formen. Wien 1897.
Sonklar, C.: Allgemeine Orographie. Wien 1873.
Penck, A.: Morphologie der Erdoberfläche. 2 Bde. Stuttgart 1894.
Gukassian, A.: Über den Parallelismus der Gebirgsrichtungen. Leipzig, Diss., 1899.
De la Noë, und **E. de Margerie**: Les Formes du Terrain. Paris 1888.
Neumann, L.: Orometrie des Schwarzwaldes. Pencks Geographische Abhandlungen, I, 1887.
Richter, E.: Geomorphologische Beobachtungen in Norwegen. Sitzungsbericht der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften, Wien. Mathem.-Naturw. Klasse, CV, 1896.
Mader, F.: Die höchsten Teile der Seealpen. Leipzig, Diss., 1897.

Philippson, A.: Der Peloponnes. Berlin 1892.

Hettner, A.: Gebirgsbau und Oberflächengestaltung der Sächsischen Schweiz. Stuttgart 1888.

Kändler, Max: Kamm- und Thalbildung im Thüringerwald. Leipzig, Diss., 1899.

Ratzel, F.: Der Berg, eine landschaftlich morphologische Betrachtung. Mitteilungen des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 1898.

Wahnschaffe, F.: Die Ursachen der Oberflächengestalt des norddeutschen Flachlandes. 2. Aufl. Stuttgart 1901.

Schöne, E.: Der Fläming. Leipzig, Diss., 1898.

Rütimeyer: Über Thal- und Seebildung. Basel 1869.

Dutton, Ch.: Physical Geology of the Grand Cañon District. Report U. S. Geological Survey, 1882.

Löwl: Über Thalbildung. Prag 1884.

Richter, E.: Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 132, 1901.

De Martonne, E.: Fjords, Cirques, Vallées subalpines et lacs subalpins. Annales de Géographie, X, 1901.

Ratzel, F.: Über ein Gesetz landschaftlicher Bildung und Nachbildung. Die Zeit, 1900.

Supan, A.: Die Bodenformen des Weltmeeres. Petermanns Mitteilungen, 1899.

Das Meer.

Maury, F.: The physical Geography of the Sea. London 1850.

Boguslawski, G. H. von, und Krümmel, O.: Handbuch der Ozeanographie. 2 Bde. Stuttgart 1884 u. 1887.

Krümmel, O.: Der Ozean. 2. Aufl. Leipzig 1902.

Thoulet, J.: Océanographie statique. Paris 1890.

Krümmel, Otto: Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume. Leipzig 1879.

Berghaus, Herm.: Atlas der Hydrographie. Gotha 1891.

Ackermann, C.: Beiträge zur physischen Geographie der Ostsee. Hamburg 1883.

Krümmel, O.: Die Temperaturverteilung in den Ozeanen. Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie, VI, 1887.

— Geophysikalische Beobachtungen der Plankton-Expedition (von 1889). Kiel 1893.

Schott, G.: Forschungsreisen zur See 1892. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 109, 1893.

Lindenkohl, A.: Resultate der Temperaturbeobachtungen im Golfstrom und Golf von Mexiko. Petermanns Mitteilungen, 1896.

Lindenkohl, A.: Salzgehalt und Temperatur des Pacifischen Ozeans. Petermanns Mitteilungen, 1899.

Puls, C.: Oberflächentemperaturen und Strömungen im Äquatorialgürtel des Stillen Ozeans. Marburg, Diss., 1895.

Schott, G.: Die Gewässer der Bank von Neufundland. Petermanns Mitteilungen, 1897.

Nansen, F.: The Norwegian North Polar Expedition 1893—96. Vol. III. The Oceanography of the North Polar Basin. Christiania 1902.

Puff, A.: Das kalte Auftriebwasser an der Ostseite des Nordatlantischen und der Westseite des Nordindischen Ozeans. Marburg, Diss., 1890.

Krümmel, O.: Die nordatlantische Sargassosee. Petermanns Mitteilungen, 1891.

— Über Gezeitenwellen. Kiel 1897.

Börgen, C.: Gezeitenerscheinungen im Kanal. Annalen der Hydrographie, 1898.

Credner, R.: Über den „Seebär" der westlichen Ostsee. Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft, Greifswald 1888.

— Die Entwickelung der Ostsee. Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher. Lübeck 1897.

Natterer, K.: Chemisch-geologische Tiefseeforschung. Geographische Zeitschrift, V, 1899.

Murray, J.: Address to the Geographical Section of the British Association 1899. Scottish Geographical Magazine 1899. (Übersicht und der Stand der Meereskenntnis.)

Weyprecht, K.: Die Metamorphosen des Polareises. Wien 1879.

Ratzel, F.: Betrachtungen über Natur und Erforschung der Polarregionen. Ausland, 1884.

Hartmann, Georg: Der Einfluß des Treibeises auf die Bodengestalt der Polargebiete. Leipzig, Diss., 1891.

Fricker, K.: Entstehung und Verbreitung des antarktischen Treibeises. Leipzig, Diss., 1893.

Arctowski, H.: The Antarctic Voyage of the Belgica. Geographical Journal, XVIII, London 1901.

Ratzel, F.: Das Meer als Quelle der Völkergröße. München 1900.

Quellen, Flüsse und Seen.

Soyka, J.: Die Schwankungen des Grundwassers. Pencks Geographische Abhandlungen, II, 1888.

König, F.: Die Verteilung des Wassers über, auf und in der Erde. Jena 1901.

Hallmann, G.: Die Temperaturverhältnisse der Quellen. Berlin 1854.
Daubrée, G. A.: Les eaux souterraines. Paris 1887.
Haas, H.: Quellenkunde. Leipzig 1895.
Philippson, A.: Studien über Wasserscheiden. Mitteilungen des Vereins für Erdkunde, Leipzig 1886.
Neumann, B.: Studien über den Bau der Strombetten und das Baersche Gesetz. Königsberg 1893.
Gruber, C.: Die Isar. München 1899.
Gruner, Hans: Beiträge zur Hydrologie der weißen Elster. Leipzig, Diss., 1892.
Steffen, Hans: The Patagonian Cordillera and its Main Rivers. Geographical Journal, XVI, London 1900.
Dove, K.: Deutsch-Südwestafrika. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 120, 1898.
Forel, F. A.: Handbuch der Seenkunde. Stuttg. 1901.
— Le Léman. 3 Bde. Lausanne 1892, 1895, 1902.
Honsell, M.: Der Bodensee. Stuttgart 1879.
Penck, A.: Morphometrie des Bodensees. Festschrift der Geographischen Gesellschaft, München 1894.
Geistbeck, A.: Die Seen der deutschen Alpen. Mit Atlas. Leipzig 1886.
Ule, W.: Beitrag zur physikalischen Erforschung der baltischen Seen. Stuttgart 1899.
— Der Würmsee. Mit Atlas. Leipzig 1901.
Bludau, A.: Oro- und Hydrographie der preußischen und pommerschen Seenplatten. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 110, 1894.
Bayberger, Emmeran: Physikalische und geologische Verhältnisse des Chiemsees. Leipzig, Diss., 1890.
Hergesell, Langenbeck, Rudolph: Die Seen der Südvogesen. Geographische Abhandlungen aus Elsaß-Lothringen, 1892.
Wagner, P.: Die Seen des Böhmerwaldes. Leipzig, Diss., 1897.
Murray, J.: A bathymetrical Survey of the Fresh-water-Lochs of Scotland. Geographical Journal, XV, London 1900.
Richter, E.: Die Temperaturverhältnisse der Alpenseen. Verhandlungen des IX. Deutschen Geographentages, Wien 1891.
Credner, R.: Die Reliktenseen. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 86, 89; 1887, 1888.
Moore, J. E. S.: Tanganyika. Geographical Journal, XVII, London 1901.

Firn und Eis.

Heim, A.: Gletscherkunde. Stuttgart 1885.
Fischer, Hans: Die Äquatorialgrenze des Schneefalls. Leipzig, Diss., 1887.
Ratzel, F.: Die Schneedecke, besonders in deutschen Gebirgen. Stuttgart 1889.
Woeikof, A.: Der Einfluß der Schneedecke auf Boden, Klima und Wasser. Pencks Geographische Abhandlungen, Bd. III, 1889.
Ratzel, F.: Zur Kritik der sogenannten Schneegrenze. Leopoldina, Halle 1886.
Kurowski, L.: Die Höhe der Schneegrenze, besonders in der Finsteraarhorngruppe. Pencks Geographische Abhandlungen, Bd. V, 1891.
Ratzel, F.: Über Humusbildung durch Schnee. Mitteilungen des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 1887.
Richter, E.: Die Gletscher der Ostalpen. Stuttgart 1888.
Finsterwalder, S.: Der Vernagtferner. Graz 1897.
Blümcke, A., und **Heß, H.:** Untersuchungen am Hintereisferner. München 1899.
Russel, J. C.: The Glaciers of North America. Geographical Journal, XII, London 1898.
Richter, E.: Geschichte der Schwankungen der Alpengletscher. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 1891.
Nansen, F.: Auf Schneeschuhen durch Grönland. 2 Bde. Hamburg 1890.
von Drygalski, E.: Grönlandexpedition der Gesellschaft für Erdkunde (vorläufig 1891 u. 1893). 2 Bde. Berlin 1899.
Bernacchi, L.: Topography of South Victoria Land. Geographical Journal, XVII, London 1901.
Meyer, Hans: Der Kilimandjaro. Berlin 1900.
Geikie, J.: The Great Ice-Age. 3. Aufl. 1894.
Woeikof, A.: Gletscher und Eiszeiten. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin 1881.
Penck, A., und **Brückner, E.:** Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1901, 1902.
Penck, A.: Die Eiszeiten Australiens. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin 1900.

Luft, Licht und Klima.

Hann, J.: Handbuch der Klimatologie. 2. Aufl. 3 Bde. 1897.
— Atlas der Meteorologie. Gotha 1887.
Woeikof, A.: Die Klimate der Erde. Deutsche Übersetzung. 2 Bde. Jena 1887.
Mohn, H.: Grundzüge der Meteorologie. Deutsche Übersetzung. 5. Aufl. Berlin 1895.
Abercromby, R.: Seas and Skies in many Latitudes. London 1888.
Hergesell, H.: Die Temperatur der freien Atmosphäre. Petermanns Mitteilungen, 1900.

Förster, W.: Die Erforschung der obersten Schichten der Atmosphäre. Verhandlungen der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin 1891.

Supan, A.: Das antarktische Klima. Petermanns Mitteilungen, 1901.

Murray, J.: On the total Annual Rainfall on the Land of the Globe. Scott. Geogr. Magazine, 1887.

Supan, A.: Die jährlichen Niederschlagsmengen auf den Meeren. Petermanns Mitteilungen, 1898.

Elfert, P.: Karte der Isonephen in Mitteleuropa. Petermanns Mitteilungen, 1890.

Schott, G.: Nebel der Neufundlandbänke. Annalen der Hydrographie, 1897.

Brückner, E.: Klimaschwankungen seit 1700. Pencks Geographische Abhandlungen, IV, 1890.

Woeikof, A.: Geologische Klimate. Petermanns Mitteilungen, 1895.

Die Verbreitung des Lebens.

A. von Humboldt: Ansichten der Natur. 2 Bde. Tübingen 1808.

Darwin, Charles: The Origin of Species. London 1859.

Wagner, M.: Die Entstehung der Arten durch räumliche Sonderung. Basel 1889.

Pfeffer, G.: Versuch einer erdgeschichtlichen Entwickelung der jetzigen Verbreitungsverhältnisse unserer Tierwelt. Hamburg 1891.

Jacobi, A.: Lage und Form biogeographischer Gebiete. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin 1900.

Ratzel, F.: Der Lebensraum. Eine biogeographische Studie. Schäffle-Festschrift, Tübingen 1901.

Kirchhoff, Alfred: Pflanzen- und Tierverbreitung. Mit Abbildungen und Karten. Leipzig 1899.

Grisebach, A.: Die Vegetation der Erde. 2. Aufl. 2 Bde. Leipzig 1884.

Drude, O.: Handbuch der Pflanzengeographie. Stuttgart 1890.

— Die Florenreiche der Erde. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 74, 1884.

Kerner, A. von: Pflanzenleben. 2 Bde. 2. Aufl. Leipzig 1896.

— Das Pflanzenleben der Donauländer. Innsbruck 1803.

Warming, E.: Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Deutsche Übersetzung. Berlin 1896.

Berghaus-Drude: Atlas der Pflanzenverbreitung. Gotha 1887.

Semper, K.: Die natürlichen Existenzbedingungen der Tiere. Leipzig 1880.

Wallace, A. R.: The Geographical Distribution of Animals. 2 Bde. London 1876.

Heilprin, A.: The Geographical and Geological Distribution of Animals. 2. Aufl. London 1894.

Kobelt, W.: Die Verbreitung der Tiere. 1902.

Berghaus-Marshall: Atlas der Tierverbreitung. Gotha 1887.

Lydekker, Richard: A Geographical History of Mammals. Cambridge 1876.

Palmén, J. A.: Die Zugstraßen der Vögel. Leipzig 1876.

Kobelt, W.: Die Mollusken der paläarktischen Region. Leipzig 1897.

Stoll, O.: Zur Zoogeographie der landbewohnenden Wirbellosen. Berlin 1897.

Marshall, W.: Die Tiefsee und ihr Leben. Leipzig 1888.

Ortmann, A.: Grundzüge der marinen Tiergeographie. Jena 1896.

Zacharias, O.: Die Tier- und Pflanzenwelt des Süßwassers. Leipzig 1891.

Wahlenberg, G.: Bericht über Messungen und Beobachtungen zur Bestimmung der Temperatur der Lappländischen Alpen. Deutsche Übersetzung. Göttingen 1807.

Ratzel, F.: Höhengürtel und Höhengrenzen. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 1889.

Hettner, A.: Regenverteilung, Pflanzendecke und Besiedelung der tropischen Anden. Richthofen-Festschrift, Berlin 1893.

Fritzsch, M.: Die Höhengrenzen in den Ortler-Alpen. Leipzig, Diss., 1894.

Hupfer, H.: Die Regionen am Ätna. Leipzig, Diss., 1894.

Hoffmann, H.: Phänologische Karte von Mitteleuropa. Petermanns Mitteilungen, 1881.

Gravelius, H.: Der Einfluß des Landes auf Bodenfeuchtigkeit und Grundwasser. Petermanns Mitteilungen, 1901.

Ritter, C.: Über geographische Produktenkunde. Berlin 1836. (Einleitung zur allgem. vergl. Geographie 1852.)

Decandolle, A.: Der Ursprung der Kulturpflanzen. Deutsche Übersetzung. Leipzig 1884.

Hehn, V.: Kulturpflanzen und Haustiere. 6. Aufl. Leipzig 1870.

Hahn, E.: Die Haustiere. Leipzig 1896.

Lindeman, M.: Die Seefischereien. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 60, 1880.

Die Verbreitung des Menschen.

Ritter, C.: Über das historische Element in der geographischen Wissenschaft. Berlin 1833. (Einleitung zur allgem. vergl. Geographie 1852.)

Ratzel, F.: Anthropogeographie oder Grundzüge der Anwendung der Erdkunde auf die Geschichte. I. 2. Aufl. 1899. II. Die geographische Verbreitung des Menschen. Stuttgart 1891.

Behm, Wagner, Supan: Die Bevölkerung der Erde. Seit 1872. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft (früher Geographisches Jahrbuch).

Berghaus-Gerland: Atlas der Völkerkunde. Gotha 1892.

Rubner, M.: Klimatotherapie (Handbuch der physikalischen Therapie). Leipzig 1901.

Hassert, Kurt: Die Nordpolargrenze der bewohnten Erde. Leipzig, Diss., 1891.

Woeikof, A.: De l'influence de l'homme sur la terre. „Annales de Géographie", X, Paris 1901.

Martonne, E. de.: La vie des peuples du Haut Nil. „Annales de Géographie", V, VI. Paris 1896, 1897.

Ranke, J.: Der Mensch. 2 Bde. 2. Aufl. Leipzig 1894.

Helmolt, H.: Weltgeschichte. 8 Bde. Leipzig, seit 1899.

Köppen, W.: Die Dreigliederung des Menschengeschlechts. Globus, LXVIII, 1895.

Ehrenreich, P.: Anthropologische Studien über die Urbewohner Brasiliens. Braunschweig 1897.

Schurtz, H.: Urgeschichte der Kultur. Leipzig 1900.

Wörmann, K.: Geschichte der Kunst aller Zeiten und Völker. I. Leipzig 1900.

Peschel, O.: Völkerkunde. 7. Aufl. Leipzig 1898.

Ratzel, F.: Völkerkunde. 2. Aufl. 2 Bde. Leipzig 1894/95.

Schurtz, H.: Katechismus der Völkerkunde. Leipzig 1893.

Vierkandt, A.: Natur- und Kulturvölker. Leipzig 1896.

Ratzel, F.: Die geographische Methode in der Ethnographie. Geographische Zeitschrift, III, 1897.

Roscher, W.: Kolonien, Kolonialpolitik und Auswanderung. 3. Aufl. Leipzig 1885.

Hahn, E.: Die Wirtschaftsformen der Erde. Petermanns Mitteilungen, 1896.

Götz, W.: Die Verkehrswege im Dienste des Welthandels. Stuttgart 1888.

Hettner, A.: Die geographische Verbreitung der Transportmittel des Landverkehres. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin 1894.

Ratzel, F.: Politische Geographie. 2. Aufl. München 1903.

Register.

Berichtigungen zu Band I.

Seite 20, Bilderunterschrift: statt Toscanellis Weltkarte lies Eine Weltkarte vom Ende des 15. Jahrhunderts.
„ 30, Zeile 4 von unten: statt die Größe lies den Umfang.
„ 101, „ 4 von unten: statt ausschalten. So lies einbringen. Umgekehrt.
„ 101, „ 2 von unten: statt östlicher lies westlicher, statt verloren lies gewonnen.
„ 104, „ 9 von oben: statt 4 lies 6.
„ 112, „ 4 von unten: statt 1/5000 lies 1/3000.
„ 200, „ 13 von oben: statt Januar 1833 lies Februar 1835.
„ 236, „ 3 von unten: statt Südwesten lies Südosten.
„ 356, „ 1 von unten: statt 1350 lies 1250.
„ 394, „ 18 von oben: statt des Landes statt der Landes.
„ 442, „ 8 von unten: statt 431 lies 429.
„ 554, Bildunterschrift: statt Nach R. Oberhummer lies Nach R. Oberhummer und H. Zimmerer.
„ 617, Zeile 12 von unten: statt vorigen lies achtzehnten.

Druck vom Bibliographischen Institut in Leipzig.

Verlag des Bibliographischen Instituts in Leipzig.

Encyklopädische Werke.

M. Pf.

***Meyers Konversations-Lexikon**, fünfte, neubearbeitete Auflage.* Mit mehr als 10,500 Abbildungen, Karten und Plänen im Text und auf 1088 Illustrationstafeln (darunter 164 Farbendrucktafeln und 286 Kartenbeilagen) und 120 Textbeilagen.
Geheftet, in 272 Lieferungen zu je 50 Pf. — Gebunden, in 17 Halblederbänden . . . . je 10 —

Ergänzungs- und Registerband (Band XVIII) dazu. Mit 580 Abbildungen, Karten und Plänen im Text und auf 56 Illustrationstafeln (darunter 10 Farbendrucktafeln und 7 Kartenbeilagen) und 4 Textbeilagen.
Geheftet, in 16 Lieferungen zu je 50 Pf. — Gebunden, in Halblederband . . . . 10 —

Erstes Jahres-Supplement (Band XIX) dazu. Mit 622 Abbildungen, Karten und Plänen im Text und auf 44 Illustrationstafeln (darunter 4 Farbendrucktafeln und 9 Kartenbeilagen) und 5 Textbeilagen.
Geheftet, in 16 Lieferungen zu je 50 Pf. — Gebunden, in Halblederband . . . . 10 —

Zweites Jahres-Supplement (Band XX) dazu. Mit 675 Abbildungen, Karten und Plänen im Text und auf 58 Illustrationstafeln (darunter 5 Farbendrucktafeln und 7 Kartenbeilagen) und 1 Textbeilage.
Geheftet, in 16 Lieferungen zu je 50 Pf. — Gebunden, in Halblederband . . . . 10 —

Drittes Jahres-Supplement (Band XXI) dazu. Mit 750 Abbildungen, Karten und Plänen im Text und auf 67 Illustrationstafeln (darunter 4 Farbendrucktafeln und 7 Kartenbeilagen) und 2 Textbeilagen.
Geheftet, in 16 Lieferungen zu je 50 Pf. — Gebunden, in Halblederband . . . . 10 —

***Meyers Kleines Konversations-Lexikon**, sechste, umgearbeitete Auflage.* Mit 168 Illustrationstafeln (darunter 26 Farbendrucktafeln und 56 Karten und Pläne) und 88 Textbeilagen.
Geheftet, in 80 Lieferungen zu je 30 Pf. — Gebunden, in 3 Halblederbänden . . . . . je 10 —

Naturgeschichtliche Werke.

M. Pf.

***Brehms Tierleben**, dritte, neubearbeitete Auflage.* Mit 1910 Abbildungen im Text, 11 Karten und 180 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck.
Geheftet, in 130 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 10 Halblederbänden . . . . je 15 —
(Bd. I—III »Säugetiere« — Bd. IV—VI »Vögel« — Bd. VII »Kriechtiere und Lurche« — Bd. VIII »Fische« — Bd. IX »Insekten« — Bd. X »Niedere Tiere«.)

Gesamtregister zu Brehms Tierleben, 3. Auflage.
Gebunden, in Leinwand . . . . 3 —

Brehms Tierleben, Kleine Ausgabe für Volk und Schule. *Zweite, von R. Schmidtlein neubearbeitete Auflage.* Mit 1179 Abbildungen im Text, 1 Karte und 3 Farbendrucktafeln.
Geheftet, in 53 Lieferungen zu je 50 Pf. — Gebunden, in 3 Halblederbänden . . . . . je 10 —

Die Schöpfung der Tierwelt, von Dr. ***Wilh. Haacke.*** (Ergänzungsband zu »Brehms Tierleben«.) Mit 469 Abbildungen im Text und auf 20 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck und 1 Karte.
Geheftet, in 13 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder . . . . 15 —

Der Mensch, von Prof. Dr. ***Joh. Ranke.*** *Zweite, neubearbeitete Auflage.* Mit 1398 Abbildungen im Text, 6 Karten und 35 Farbendrucktafeln.
Geheftet, in 26 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden . . . . . je 15 —

Völkerkunde, von Prof. Dr. ***Friedr. Ratzel.*** *Zweite Auflage.* Mit 1103 Abbildungen im Text, 6 Karten und 56 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck.
Geheftet, in 28 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden . . . . . je 16 —

Ausführliche Prospekte zu den einzelnen Werken stehen kostenfrei zur Verfügung.

	M.	Pf.
Pflanzenleben, von Prof. Dr. ***A. Kerner von Marilaun.*** *Zweite, neubearbeitete Auflage.* Mit 448 Abbildungen im Text, 1 Karte und 64 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 28 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden . . . . . je	16	—
Erdgeschichte, von Prof. Dr. ***Melchior Neumayr.*** *Zweite, von Prof. Dr. V. Uhlig neubearbeitete Auflage.* Mit 873 Abbildungen im Text, 4 Karten und 34 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 28 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden . . . . . je	16	—
Das Weltgebäude. Eine gemeinverständliche Himmelskunde. Von Dr. ***M. Wilhelm Meyer.*** Mit 287 Abbildungen im Text, 10 Karten und 31 Tafeln in Heliogravüre, Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—
Die Naturkräfte. Gemeinverständlich dargestellt von Dr. ***M. Wilhelm Meyer.*** Mit mehreren hundert Abbildungen im Text und vielen Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck. (In Vorbereitung.)		
Bilder-Atlas zur Zoologie der Säugetiere, von Professor Dr. ***W. Marshall.*** Beschreib. Text mit 258 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand	2	50
Bilder-Atlas zur Zoologie der Vögel, von Professor Dr. ***W. Marshall.*** Beschreibender Text mit 238 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand . .	2	50
Bilder-Atlas zur Zoologie der Fische, Lurche und Kriechtiere, von Prof. Dr. ***W. Marshall.*** Beschreibender Text mit 208 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand	2	50
Bilder-Atlas zur Zoologie der Niederen Tiere, von Prof. Dr. ***W. Marshall.*** Beschreib. Text mit 292 Abbildungen. Gebunden, in Leinw.	2	50
Bilder-Atlas zur Pflanzengeographie, von Dr. ***Moritz Kronfeld.*** Beschreibender Text mit 216 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand . . .	2	50
Kunstformen der Natur, von Prof. Dr. ***Ernst Haeckel.*** 100 Illustrationstafeln mit beschreibendem Text. In 2 Sammelkasten (im Erscheinen). . je	18	—

Geographische Werke.

	M.	Pf.
Die Erde und das Leben. Eine vergleichende Erdkunde. Von Prof. Dr. ***Friedrich Ratzel.*** Mit etwa 400 Abbildungen im Text, 20 Kartenbeilagen u. 40 Tafeln in Holzschnitt, Tonätzung u. Farbendruck. (Im Erscheinen.) Geheftet, in 30 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden . . . . je	17	—
Afrika. Zweite, von Prof. Dr. ***Friedr. Hahn*** völlig umgearbeitete Auflage. Mit 173 Abbildungen im Text, 11 Karten und 21 Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck. Geheftet, in 15 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	17	—
Asien, von Prof. Dr. ***Wilh. Sievers.*** Mit 156 Abbildungen im Text, 14 Karten und 22 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 13 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	15	—
Amerika, in Gemeinschaft mit Dr. ***E. Deckert*** und Prof. Dr. ***W. Kükenthal*** herausgegeben von Prof. Dr. ***Wilh. Sievers.*** Mit 201 Abbildungen im Text, 13 Karten und 20 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 13 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	15	—
Europa, von Dr. ***A. Philippson*** und Prof. Dr. ***L. Neumann.*** Herausgegeben von Prof. Dr. ***Wilh. Sievers.*** Mit 166 Abbildungen im Text, 14 Karten und 28 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—

M. Pf.

Australien und Ozeanien, von Prof. Dr. ***Wilh. Sievers.*** Mit 137 Abbildungen im Text, 12 Karten und 20 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck.
Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder . . . . 16 —

Meyers Hand-Atlas. *Zweite, neubearbeitete Auflage.* Mit 113 Kartenblättern, 9 Textbeilagen und Register aller auf den Karten befindlichen Namen.
Geheftet, in 38 Lieferungen zu je 30 Pf. — Gebunden, in Halbleder 13 50

Neumanns Orts-Lexikon des Deutschen Reichs. *Dritte, neubearbeitete Auflage.* Mit 31 Karten und Plänen und 276 Wappenbildern.
Geheftet, in 26 Lieferungen zu je 50 Pf. — Gebunden, in Halbleder . . . . 15 —

Bilder-Atlas zur Geographie von Europa, von Dr. ***A. Geistbeck.*** Beschreibender Text mit 233 Abbildungen.
Gebunden, in Leinwand 2 25

Bilder-Atlas zur Geographie der aussereuropäischen Erdteile, von Dr. ***A. Geistbeck.*** Beschreibender Text mit 314 Abbild.
Gebunden, in Leinwand 2 75

Weltgeschichts- und kulturgeschichtliche Werke.

M. Pf.

Das Deutsche Volkstum, herausgegeben von Prof. Dr. ***Hans Meyer.*** Mit 30 Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck.
Geheftet, in 13 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder . . . . 15 —

Das Deutsche Reich zur Zeit Bismarcks. Politische Geschichte von 1871 bis 1890. Von Dr. ***Hans Blum.*** Mit einem Porträt.
Gebunden . . . . 5 —

Weltgeschichte, unter Mitarbeit hervorragender Fachmänner herausgegeben von Dr. ***Hans F. Helmolt.*** Mit 45 Karten und 183 Tafeln in Farbendruck, Holzschnitt und Ätzung. (Im Erscheinen.)
Geheftet, in 16 Halbbänden zu je 4 Mk. — Gebunden, in 8 Halblederbänden . . . . . je 10 —

Urgeschichte der Kultur, von Dr. ***Heinrich Schurtz.*** Mit 434 Abbildungen im Text, 1 Kartenbeilage und 23 Tafeln in Farbendruck, Holzschnitt und Tonätzung.
Geheftet, in 15 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder . . . . 17 —

Meyers Historisch-Geographischer Kalender. Mit 365 Landschafts- und Städteansichten, Porträten, ethnologischen, kulturhistorischen und kunstgeschichtlichen Darstellungen sowie einer Jahresübersicht (auf dem Rückdeckel).
Zum Aufhängen als Abreißkalender eingerichtet. (Erscheint alljährlich im August) 1 75

Literar- und kunstgeschichtliche Werke.

M. Pf.

Geschichte der antiken Literatur, von ***Jakob Mähly.*** 2 Teile in einem Band. Gebunden, in Leinwand 3,50 Mk. — Gebunden, in Halbleder 5 25

Geschichte der deutschen Literatur, von Prof. Dr. ***Friedr. Vogt*** u. Prof. Dr. ***Max Koch.*** Mit 126 Abbildungen im Text, 25 Tafeln in Farbendruck, Kupferstich und Holzschnitt und 34 Faksimilebeilagen.
Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder . . . . 16 —

Geschichte der englischen Literatur, von Prof. Dr. ***Rich. Wülker.*** Mit 162 Abbildungen im Text, 25 Tafeln in Farbendruck, Kupferstich und Holzschnitt und 11 Faksimilebeilagen.
Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder . . . . 16 —

Geschichte der italienischen Literatur, von Prof. Dr. ***B. Wiese*** u. Prof. Dr. ***E. Pèrcopo.*** Mit 158 Abbildungen im Text und 31 Tafeln in Farbendruck, Kupferätzung und Holzschnitt und 8 Faksimilebeilagen.
Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder . . . . 16 —

Druck vom Bibliographischen Institut in Leipzig.